

LISENSSIVAPAAN ISM-TAAJUUSALUEEN HÄIRIÖIDEN JA SIGNAALIN VAIMENEMI- SEN MITTAAMINEN

Alpo Pulkkanen

Opinnäytetyö
HUHTIKUU 2010

Tietotekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala



Tekijä(t) PULKKANEN, Alpo	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 22.04.2010
	Sivumäärä 56	Julkaisun kieli
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi LISENSSIVAPAAN ISM-TAAJUUSALUEEN HÄIRIÖIDEN JA SIGNAALIN VAI- MENEMISEN MITTAAMINEN		
Koulutusohjelma Tietotekniikka		
Työn ohjaaja(t) RANTONEN, Mika		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu, WECKSTRÖM, Petteri		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyöni tavoitteena oli lisenssivapaan ISM-taajuusalueen (2,4 GHz) häiriöiden ja signaalin vaimenemisen mittaamenetelmien tutkiminen ja dokumentointi WLAN-verkkojen suunnittelun tueksi Jyväskylän ammattikorkeakoululle.</p> <p>Teoriaosassa kerrotaan häiriöpaikannuksen merkityksestä ja rf-signaalin käyttäytyminen eri tilanteissa, esitellään mahdollisia häiriölähteitä, ISM-taajuusalueen käyttötarkoitukset ja fyysisen siirtotien tärkeimmät standardit.</p> <p>Käytännön osassa kerrotaan mittaamenetelmistä ja tarvittavista mittalaitteista.</p> <p>Käytössä olevista mittaamenetelmistä parhaimmat tulokset saavutettiin Wi-Spy 2,4x spektrianalysaattorilla. Häiriöiden paikantamiseen ja poistamiseen tarkoitettu prosessi-kaavio, asiakaskyselylomake ja toimintaohje valmistuivat työn tuloksena.</p>		
Avainsanat (asiasanat) WLAN, ISM, spektri analysaattori		
Muut tiedot		



Author(s) PULKKANEN, Alpo	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 22042010
	Pages 56	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title MEASURING OF LICENSE FREE ISM BAND INTERFERENCE AND SIGNAL ATTENUATION		
Degree Programme Information Technology		
Tutor(s) RANTONEN, Mika		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences, WECKSTRÖM, Petteri		
<p>Abstract</p> <p>The main purpose of this thesis was to study and document license free ISM band (2.4 GHz) interference and signal attenuation of measuring methods in order to support the design of WLAN networks at the JAMK University of Applied Sciences.</p> <p>The theory part reports the meaning of interference and radio frequency signal progression in different situations and introduces possibility of interferences, the ISM band's purpose of uses and the main standards of physical transmission path.</p> <p>The practical part describes the measuring methods and equipment needed in measuring.</p> <p>The best measuring method presented in this thesis was Wi-Spy 2.4x spectrum analyzer. It takes top-rated measuring values. The results of this thesis are a process description, customer service query for interference finding and instructions for troubleshooting.</p>		
Keywords WLAN, ISM, spectrum analyzer		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ	1
LYHENTEET.....	3
1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT	4
1.1 Toimeksiantaja.....	4
1.2 Taustaa.....	4
1.3 Tehtävä	5
2 HÄIRIÖPAIKANNUKSEN MERKITYS LISENSSIVAPAALLA ISM-TAAJUUSALUEELLA	6
3 RF-SIGNAALIN KÄYTTÄYTYMINEN	8
3.1 RF-signaalin eteneminen	8
3.2 Signaalin vaimeneminen.....	10
3.3 Signaalin heijastuminen.....	11
3.4 Signaalin sironta ja taipuminen	12
3.5 Signaalin monitie-eteneminen	13
3.6 Signaalin interferenssi	14
4 LISENSSIVAPAA ISM-TAAJUUSALUE (2,45 GHz).....	15
5 STANDARDI IEEE 802.11	18
6 HÄIRIÖLÄHTEET ISM TAAJUUSALUEELLA	19
6.1 Yleistä.....	19
6.2 ZigBee	20
6.3 Bluetooth	22
7 MITTAUSMENETELMÄT JA MITTALAITTEET	25
7.1 Yleistä.....	25
7.2 Spektrianalysaattorit	25
7.3 Tietokoneella toimivat mittausohjelmat ja niiden lisälaitteet.....	27
7.4 Wi-Spy.....	27
7.5 Network Stumbler.....	30
8 KÄYTÄNNÖN OSUUS	31
8.1 Mittausmenetelmät	31
8.2 Vaimennusmittauksien toteutus.....	31
8.3 Network Stumbler.....	39
8.4 Häiriöpaikannuksen menetelmän kuvaus	40
9 YHTEENVETO	42
10 POHDINTA	44
11 LÄHTEET	45
12 LIITTEET.....	47
12.1 Liite 1. Häiriöpaikannuksen prosessikaavio	47
12.2 Liite 2. Asiakaskyselylomake	49
12.3 Liite 3. Häiriöpaikannuksen toimintaohje.....	52

KUVIOT

KUVIO 1. Signaalin heijastuminen	11
KUVIO 2. Signaalin sironta	12
KUVIO 3. Signaalin taipuminen	12
KUVIO 4. Signaalin monitie-eteneminen	13
KUVIO 5. Signaalin destruktiivinen ja konstruktiivinen interferenssi.	14
KUVIO 6. Yleinen taajuusalueen jakautuminen käyttökohteiden mukaan.	15

KUVIO 7. IEEE 802.11b/g -protokollan mukaiset taajuudet ja kanavat.	17
KUVIO 8. ZigBee signaalin spektrikuva	21
KUVIO 9. ZigBee signaalin spektrikuva	22
KUVIO 10. Bluetooth näkymä spektrissä.....	24
KUVIO 11. Spektrianalysaattorin mittaustulos WLAN-verkon taajuusalueella	26
KUVIO 12. Rohde&Schwarz:in spektrianalysaattori FSH18. (R&S FSH3/6/18 Spectrum Analyzer.).....	26
KUVIO 13. Wi-Spy 2,4x. (Wi-Spy DBx 2010).	27
KUVIO 14. Wi-Spy:n mittaustulos.....	29
KUVIO 15. Network Stumbler-ohjelman mittaustulos. (Metafilter 2010).	30
KUVIO 16. ZigBee päällä samassa huoneessa (huone 425).....	31
KUVIO 17. ZigBee päällä mitattu huoneessa 422	32
KUVIO 18. ZigBee päällä mitattu käytävällä 424.	33
KUVIO 19. ZigBee päällä mitattu saman kerroksen aulassa, välissä lasiovi ja tavallinen ovi.	33
KUVIO 20. ZigBee päällä mitattu kolmannessa kerroksessa lähes suoraan alapuolella	34
KUVIO 21. Intellicam 8904 kameran signaalin spektrikuva.	35
KUVIO 22. Spektrikuva reitittimen signaalista.	35
KUVIO 23. Maatilan ympäristö ja mittauspisteet.....	36
KUVIO 24. Spektrikuva reitittimen signaalista kolme hirsiseinää välissä.	36
KUVIO 25. Pihalla mitattuna spektrikuva reitittimen signaalista.....	37
KUVIO 26. Pihalla mitattuna spektrikuva kahden reitittimen signaalista.	37
KUVIO 27. Ikkunan edessä mitattuna spektrikuva kahden reitittimen signaalista.....	38
KUVIO 28. Mikroaaltouuni häiriöspektri.	38
KUVIO 29. Network Stumbler ohjelman mittaustulos.	40

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Eri väliaineiden vaimennusarvoja 2,4 GHz:n taajuudella.....	11
TAULUKKO 2. Radioaaltojen taajuusalueet.....	15
TAULUKKO 3. ISM-kanavajako eri maissa.....	16
TAULUKKO 4. Väliaineiden vaimennustulokset	39

LYHENTEET

CCK	Complementary Code Keying, hajaspektritekniikasta johdettu modulatio.
dB	Signaalitason mittayksikkö. Vertailee suureita logaritmisella asteikolla.
dB _i	Signaalin voimakkustaso desibeleinä verrattuna isotrooppiseen säteilyjään.
dB _m	Signaalin voimakkuustaso desibeleinä verrattuna 1 mW tehotasoon.
ISM	Industrial, Scientific and Medical, radiotaajuskaista, jonka käyttö ei vaadi erillistä lupaa ja on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön.
MIMO	MIMO – tekniikka (Multiple-input multiple-out), samanaikaisesti tapahtuva usean signaalien lähetys ja vastaanotto tekniikka.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Monikantoaaltotekniikka, joka perustuu tiedon siirtoon lukuisilla toisiaan häiritsemättömillä kanavilla yhtä aikaa.
RF	Radio Frequency, radiotaajuussignaali.
RSSI	Received Signal Strength Indication on vastaanotetun signaalin voimakkuuden tunnistin.
SSID	Service Set Identifier, langattoman lähiverkon verkkotunnus.
WLAN	Wireless Local Area Network on langaton lähiverkkotekniikka.

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Toimeksiantaja

Jyväskylän ammattikorkeakoulun ylläpitäjänä on Jyväskylän Ammattikorkeakoulu Oy. Yhtiön omistajina ovat Jyväskylän kaupunki 55 %, Jyväskylän koulutuskuntayhtymä 35 %, sekä Äänekosken kaupunki 5 % ja Jämsän kaupunki 5 %. (Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2008a.)

Jyväskylän ammattikorkeakoulu on monialainen ammattikorkeakoulu, jossa on neljä koulutusta, tutkimus/kehittämistyötä ja palvelutoimintaa tuottavaa yksikköä sekä hallintoyksikkö. Ne ovat ammatillinen opettajakorkeakoulu, hyvinvointiyksikkö, liike-toiminta ja palvelut – yksikkö ja teknologiayksikkö. (Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2008b.)

Vuonna 2008 opiskelijamäärä oli 7919, valmistuneita opiskelijoita 1744, eri alojen täydennyskoulutukseen osallistujia noin 10000 ja henkilökuntaa 677. Henkilökunnasta opettajia oli 366. Vuosibudjetti 2008 oli noin 75 M€. (Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2008c.)

Teknologiayksikkö on jäsentänyt toimintansa työelämän rajapintojen ja osaamistarpeiden mukaisesti asiantuntijatiimeiksi neljään tulosalueeseen: ICT, Konetekniikka, Logistiikka sekä Luonnonvarat ja Rakentaminen (Jyväskylän ammattikorkeakoulun 2008b.).

1.2 Taustaa

Jyväskylän ammattikorkeakoulun teknologiayksikkö tarvitsi toimintasuunnitelman/-mallin ISM-taajuusalueella (Industrial, Scientific and Medical, radiotaajuuskaista, jonka käyttö ei vaadi erillistä lupaa ja on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön) toimivien laitteiden mahdollisten häiriöiden paikannukseen ja WLAN-verkon (Wireless Local Area Network on langaton lähiverkoteknikka) antennien optimaaliseen asentamiseen ja suuntaamiseen.

Jyväskylän ammattikorkeakoulun teknologiayksiköllä oli tarve kartoittaa toimintamalli lisenssivapaan ISM 2,4 GHz taajuusalueen häiriöpaikannukseen. Tulevaisuudessa on mahdollisuus tarjota asiantuntijapalveluita yrityksille ja muille käyttäjäryhmille.

Langattomien tietoverkkojen käyttö yleistyy nopeasti eri alojen yrityksissä ja erilaisissa työyhteisöissä kuten kolmannen sektorin yhdistyksissä.

Lisenssivapaan taajuusalueen käyttö ei vaadi erillistä lupaa ja on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön. ISM-taajuusalueita ovat 433,92 MHz (Eurooppa), 915 MHz (USA) ja 2,4000 - 2,4835 GHz sekä 5,728 - 5,850 GHz.

1.3 Tehtävä

Opinnäytteen tarkoituksena oli suunnitella häiriöiden ja väliaineiden vaimennuksien mittaukseen työkalusalkku, joka sisältää: prosessikuvauksen, tarvittavat mittalaitteet (vaimennus + häiriötunnistus), toimintaohjeet, mittausesimerkit/raportointimallit ja lisäksi mahdolliset käytettävät antennit ja niiden suuntauksen.

Antenneilla ja niiden suuntauksella on suuri merkitys WLAN-verkon toiminnan kannalta. Tämä osio on kuitenkin suhteellisen laaja, joten siitä on tarpeellista tehdä myöhemmin oma selvitystyö. Tämän työn pohjalta valmistuu myöhemmin häiriöpaikannuksesta laboratorioharjoitus opetuskäyttöön.

2 HÄIRIÖPAIKANNUKSEN MERKITYS LISENSIVA-PAALLA ISM-TAAJUUSALUEELLA

Nykyisin langatonta tiedonsiirtoa käytetään useilla eri tavoilla. Erilaisilla laitteilla siirretään ääntä, kuvaa ja dataa ilman kiinteitä, langallisia yhteyksiä. Erityisesti datansiirrosta on tärkeää siirtoyhteyden nopeus ja siirrettävän tiedon eheys. Tietysti myös nykyajan ihmiset (vrt. TV-digitaalisuus) haluavat nähdä ja kuulla äänen- ja kuvantointon reaaliaikaisesti ilman häiriöitä ja virheitä.

Suomessa valvontaa ja viranomaisasioita hoitaa Viestintävirasto, joka tiedottaa määräyksistä, lupa-asioista ja lakimuutoksista hyvin omilla verkkosivuillaan.

Viestintäviraston määräyksen mukaan langattomien lähiverkkojen toteutuksessa taajuusalueella 2,4 – 2,4835 GHz on huomioitava seuraavat asiat:

- *Taajuusalueella on jo nyt erittäin paljon sovelluksia. Sovellusten määrä kasvaa edelleen, joten taajuusalue voi tulla ruuhkaiseksi. Käyttäjälle ruuhkaisuus voi näkyä siirtonopeuden laskemisena tai jopa yhteyden katkeamisena.*
- *Taajuusalueella on langattomien lähiverkkojen lisäksi mm. langattomia kame-roita, radioamatööri liikennettä, lyhyen kantaman radiolaitteita sekä ohjaus-, valvonta- ja hälytystutkia. Lisäksi mm. mikroaaltouunit toimivat tällä taajuus-alueella.*
- *Taajuusalueen käyttö Suomessa on määritelty Viestintäviraston määräyksessä 15 eräiden radiolähettimien yhteistaajuuksista ja käytöstä. Määräys on saatavissa Viestintäviraston asiakaspalvelusta, p. (09) 6966 500 tai www-sivuilta.*
- *Kyseessä on ns. yhteistaajuusalue, jonka kaikilla käyttäjillä on yhtäläiset oikeudet. Yhteistaajuusalueella toimivalle radiolaitteelle ei tarvitse hankkia radiolupaa. Radioluvasta vapauttaminen merkitsee mm. sitä, ettei taajuusalueella toimiville radiolähettimille osoiteta yksilöllistä taajuutta. Tämän vuoksi yhdellekään taajuusaluetta käyttävälle ei voida taata häiriötöntä toimintaa.*
- *Laitteiden tekniset vaatimukset on määritelty ETSIn standardissa ETS 300 328.*
- *Määräyksessä edellytetyt tekniset parametrit ja raja-arvot ovat Euroopan radioviestintäkomitean suosituksen (ERC/REC/70-03) mukaisia.*
- *Suurin sallittu säteilyteho tällä taajuusalueella toimiville langattomille lähiverkkolähettimille on 100 mW EIRP. Tehoraja on määritelty antennista lähtevälle säteilyteholle. Jos antennivahvistusta kasvatetaan vaihtamalla lähetin-antennia, on lähettimen lähtötehoa vastaavasti pienennettävä, jottei suurin sallittu säteilyteho ylitä. Säteilytehon (EIRP) suuruus riippuu lähettimen lähtötehosta, antennikaapelin häviöistä ja antennin vahvistuksesta, joten sen suuruus on asennus- ja tapauskohtainen. Langattoman lähiverkon suunnittelijan, rakentajan ja käyttäjän on huolehdittava siitä, ettei asetettua säteilytehorajaa ylitetä.*
- *Mikäli lähiverkkolähettimen antennista lähtevä säteilyteho ylittää 100 mW EIRP, laite ei ole enää sille asetettujen vaatimusten mukainen ja sen käyttö on säännösten vastaista ja kiellettyä.*

- *Viestintävirasto on osoittanut laajakaistaisten langattomien lähiverkkojen käyttöön myös muita taajuuksalueita, joilla voidaan saavuttaa suurempi siirt nopeus ja siirtokapasiteetti kuin 2,45 GHz taajuuksalueella. (Viestintävirasto 2002.)*

Koska samaa lisenssivapaata ISM-taajuuksaluetta käyttävät myös mm. mikroaaltouunit, ZigBee, Bluetooth, langaton äänen- ja kuvansiirto kuten itkuhälyttimet, langattomat puhelinjärjestelmät ja kulunvalvontajärjestelmät, laitteiden toimivuuden kannalta on tärkeää selvittää mahdolliset häiriölähteet ennen WLAN-verkon käyttöönottoa. Tässä työssä tarkastellaan 2,45 GHz:n alueella toimivia laitteita.

Tämän lisäksi on tarpeellista selvittää tiedonsiirtoyhteyksissä käytettävän suurtaajuussignaalin (RF-signaalin, Radio Frequency) käyttäytymistä erilaisissa toimintaympäristöissä. WLAN-verkon toimintaan vaikuttaa käytettävien kiinteiden tukiasemien sijainti, määrä ja niiden lähetystehot sekä antennit ja antennien suuntaamiset.

Tässä työssä tarkastellaan luvussa 6 tarkemmin eri häiriölähteitä ja niiden vaikutusta langattomaan datansiirtoon.

3 RF-SIGNAALIN KÄYTTÄYTYMINEN

3.1 RF-signaalin eteneminen

RF-signaalin eteneminen eli käyttäytyminen riippuu taajuudesta ja antennin etäisyydestä maanpintaan nähden. Jos antennin korkeus maanpinnasta on pienempi kuin tietty aallonpituudesta (signaalinaallonpituus on valonnopeus jaettuna signaalin taajuudella) ja maan parametreista (mm. maanpinnan kaarevuudesta) riippuva mitta, maanpinnan vaikutus on suuri. Teho kytkeytyy tällöin voimakkaasti maanpinta-aaltoon. Radioaalto etenee kiertämällä maapallon pintaa ja vie signaalia horisontin taakse, mutta vaimenee edetessään. Vaimeneminen on sitä voimakkaampaa mitä korkeampi lähetystaajuus on käytössä, joten lähetettävän RF-signaalin kantama pienenee taajuuden kasvaessa. (Lindell 1996, 10.)

RF-signaalin tehotason ilmoittamisessa, mittaamisessa ja laskemisessa käytetään desibelilukuja (dB) ja ne ovat tehojen suhteita logaritmisesti laskettuna ilman suuretta. Desibelejä käytetään tyypillisesti ilmaisemaan tehon käyttäytymistä sen kulkiessa lähettimeltä vastaanottimelle.

Siirtyvä tehon vaimentuminen P voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$P = 10 \log \frac{P_t x}{P_r x} \quad (1)$$

,jossa

P = lähetetyn signaalin vaimentuminen [dB]

$P_t x$ = lähettimen teho

$P_r x$ = vastaanotettu teho

Jos $P_t x$ (lähetysteho) on 2 kertaa suurempi kuin $P_r x$ (vastaanottoteho), saadaan

$$P = 10 \log \frac{2 \times P_r x}{P_r x} = 10 \log(2) = 3 \text{ dB} \quad (2)$$

Joten 3 desibelin vaimennus tarkoittaa tehon putoamista siirtoyhteyden aikana puoleen. Yleensä RF-signaalin taso ilmoitetaan dBm-arvoilla, jolloin tasoa verrataan 1 mW:n tehoon. (Viinikainen 2003.)

Kaavassa 3 käytetään myös dBi-arvoa. Se tarkoittaa desibeliä suhteessa isotrooppiseen säteilijään, joka tässä yhteydessä tarkoittaa antennia, josta RF-teho säteilee samalla voimakkuudella kaikkiin suuntiin. Tällaista antennia ei käytännössä ole olemassa, mutta sitä käytetään teoreettisissa laskuissa ideaalisena tapauksena. Antennin vahvistus ilmoitetaan toisinaan dBd-arvoilla, jolloin sitä verrataan puolialtodialipoli-antenniin. (Olexa 2005, 37.)

Siirtyvän RF-signaalin tehon vaimennus voidaan yleisesti laskea seuraavalla kaavalla:

$$L = P_{tx} + G_{tx} - P_{rx} + G_{rx} - M - C_a \quad (3)$$

,jossa

L = yhteys vaimennus [dB]

P_{tx} = lähettimen lähetysteho [dBm]

G_{tx} = lähettimen antennivahvistus [dBi]

P_{rx} = vastaanottimen herkkyys [dBm]

G_{rx} = vastaanottimen antennivahvistus [dBi]

M = häipymisen sieto (signaalin tason laskeminen häipymisen takia) [dB]

C_a = rakenteiden materiaalien vaimennus (tarkoitetaan rakenteita, joiden läpi signaali joutuu kulkemaan lähetyksen aikana) [dB]. (Olexa 2005, 115.)

Yleensä WLAN-verkon laitteissa on käytössä RSSI-tunnistin (Received Signal Strength Indication), jonka avulla voidaan tunnistaa vastaanotetun signaalin voimakkuus. Langattoman lähiverkon tiedonsiirtonopeus on sitä parempi, mitä voimakkaampi signaali on. 802.11-standardin mukaiset laitteet pudottavat tiedonsiirtonopeuttaan automaattisesti signaalin laadun heiketessä, jotta yhteys säilyy. WLAN-verkkokortit, jotka noudattavat 802.11b-standardia, edellyttävät -83 dBm:n vahvuista signaalia yltääkseen 11 Mbps tiedonsiirtoon. (Data on the radio 2007).

Siirtovirheiden ja uudelleenlähetyksen vuoksi lopullinen siirtonopeus putoaa lähes puoleen todellisesta bittinopeudesta. Signaali jakautuu laitteiden kesken, mikäli yhteen tukiasemaan on yhteydessä useampi laite. (Puska 2005, 99.)

RF-signaalin etenemisessä tapahtuu ns. signaalin häipymistä, joka on määritelty vaiheen, polarisaation ja/tai signaalin voimakkuuden vaihteluksi ajan funktiona. Kaikkien perustavanlaatuisimmat määritelmät häipymiselle on nimetty etenismekanismien termien avulla seuraavasti: vaimeneminen, heijastuminen, sironta (hajonta), taipuminen ja monitie-eteneminen sekä radioaaltojen ohjaaminen. Jos RF-signaali etenee vapaassa tilassa, jossa ei ole ilmakehää (määritelmä), signaalin eteneminen on suoraviivaista (Viinikainen 2003, 6,9.)

Yhteyksiin vaikuttavat lisäksi rakenteiden erilaiset väliaineet ja toiminta ympäristön kerroksien määrä.

3.2 Signaalin vaimeneminen

RF-signaalin vaimenemisella tarkoitetaan tehon vähenemistä eli amplitudi pienenee. Amplitudi on signaalin aallon korkeus. Langattomissa yhteyksissä vaimenemiseen on monia syitä. Signaalin eri taajuuskomponentit vaimenevat eri tavalla. Korkeammilla taajuuksilla vaimeneminen on suurempaa kuin matalilla taajuuksilla. Lisäksi vaimenemiseen vaikuttavat etenemistiellä olevat väliaineet. (Lindell, I, 1996.)

Yhteyksiin vaikuttavat myös rakenteiden erilaiset väliaineet ja toiminta ympäristön kerroksien määrä. Vaimennus kerroksien välillä ei suurene tasaisesti, vaan tyypillisesti kahden kerroksen välinen vaimennus on 15 dB ja lisääntyy 6 – 10 dB kerrosta kohti aina neljään kerrokseen asti. Siitä eteenpäin vaimennus kasvaa muutamia desibelejä jokaista lisäkerrosta kohti. (Savonia ammattikorkeakoulu 2009.)

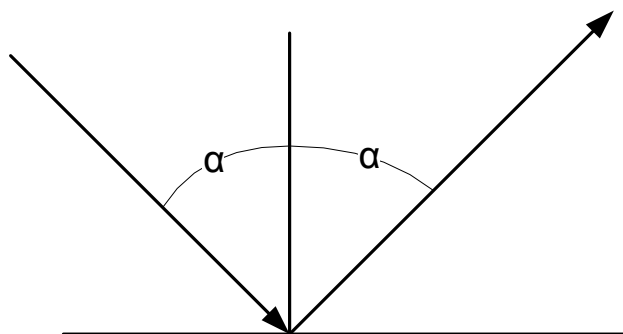
Rakenteiden erilaiset väliaineet vaikuttavat suuresti RF-signaalin vaimenemiseen. Eri väliaineilla on erilaiset läpäisyominaisuudet. Metalli ja kiviaineet vaimentavat enemmän kuin puu tai lasi. Taulukko 1 esittää tyypillisiä vaimennusarvoja 2,4 GHz:n RF-signaalilla mittattuna. (InTech April 2008).

TAULUKKO 1. Eri väliaineiden vaimennusarvoja 2,4 GHz:n taajuudella

Materiaali	Vaimennus
Sisätilan kipsilevy	3 – 4 dB
Toimistoseinä	2 – 5 dB
Puinen ovi (ontto – kiinteä)	3 – 4 dB
Tiili/betoniseinä	6 – 18 dB
Lasi/ikkuna (ei tummennettu)	2 – 3 dB
Kaksinkertainen päällystetty lasi	13 dB
Luodin kestävä lasi	10 dB
Metalliovi	13 – 19 dB

3.3 Signaalin heijastuminen

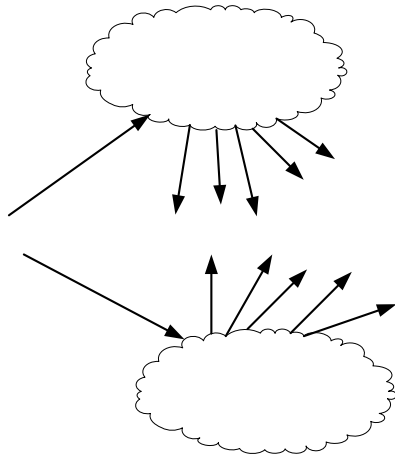
Heijastumisessa signaalin radioaallot heijastuvat osuessaan esteeseen, joka on tasainen suhteessa signaalin aallonpituuteen (ks. kuvio 1). Heijastuneen signaalin aalloilla tulo- ja heijastuskulma ovat yhtä suuret, samoin myös aallonpituus ja etenemisnopeus pysyvät samana heijastumisen jälkeen. (Juutinen, M. 2006).



KUVIO 1. Signaalin heijastuminen

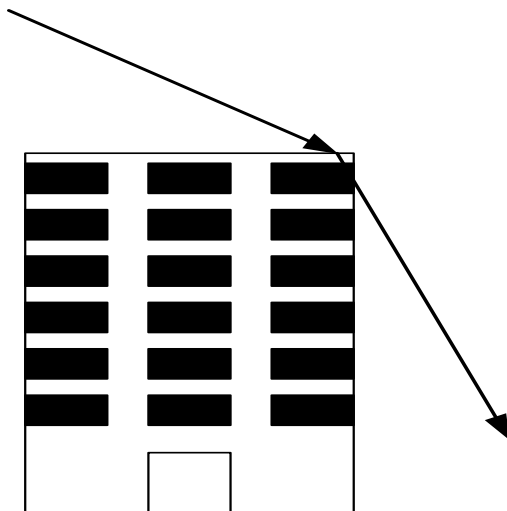
3.4 Signaalin sironta ja taipuminen

RF-signaalin sirontaa tapahtuu, kun signaali osuu epätasaiseen esteeseen ja osa sen energiasta synnyttää uusia radioaaltoja eri suuntiin. Tällainen tilanne syntyy kun signaali törmää esimerkiksi sadepilveen, kuten kuvio 2 esittää. Signaalin sironta luonnollisesti heikentää etenevää signaalia. (Juutinen, M. 2006).



KUVIO 2. Signaalin sironta

RF-signaalin taipumisesta puhutaan, kun signaalit osuvat kiinteisiin esteisiin esim. rakennuksiin tai muihin huonosti läpäiseviin materiaaleihin (ks. kuvio 3). (Juutinen, M. 2006.)

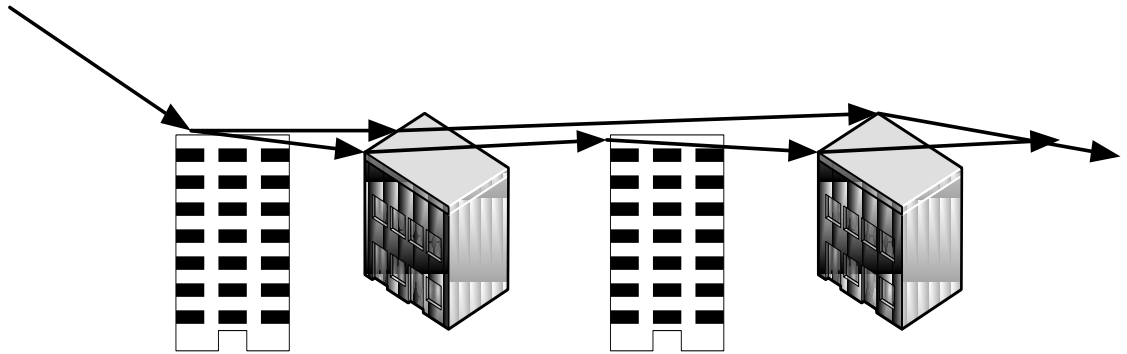


KUVIO 3. Signaalin taipuminen

Se, kuinka paljon este aiheuttaa vaimenemista, riippuu säteilyn esteeseen osuvan pinta-alan suhteesta etenevän säteilyrintaman energian kokonaisalaan sekä esteen läpäisyominaisuuksista.

3.5 Signaalin monitie-eteneminen

Signaalin monitie-etenemisestä puhutaan silloin, kun signaalin kulkureitillä on erilaisia esteitä (esimerkiksi rakennuksia) ja tapahtuu heijastumista, sirontaa sekä taipumista (ks. kuvio 4).



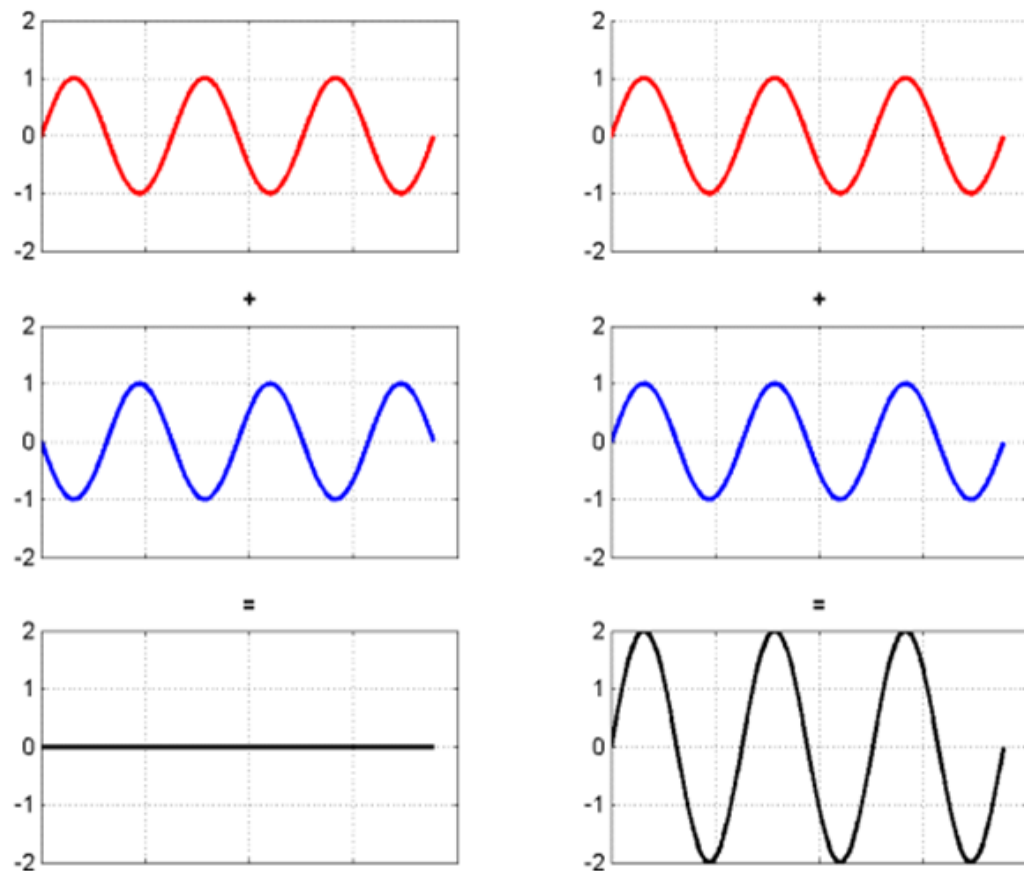
KUVIO 4. Signaalin monitie-eteneminen

Signaalin monitie-eteneminen aiheuttaa tiedonsiirrossa ongelmia ja virheitä, jotka johtuvat pulssien välisestä keskinäisvaikutuksesta. Vastaanotettu signaali vääristyy, leviää ja summautuu muihin signaaleihin sekä saman signaalin heijastuksiin. Eri tekniikat ovat eri tavalla herkkiä monitie-etenemisen aiheuttamille ongelmille. IEEE:n mukaiset 802.11 WLAN-standardit käyttävät OFDM-modulaatiota (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), joka ei juuri häiriinny monitie-etenemisestä. Uusin tuleva WLAN 802.11n versio tulee käyttämään monitie-etenemistä hyödykseen. (Juutinen, M. 2006.)

3.6 Signaalin interferenssi

Signaalin interferenssi tarkoittaa kahden aallon, joiden välinen vaihe-ero on vakio, yhdistymistä. Tällöin aaltojen amplitudit summautuvat. Interferenssi voi olla konstruktivista eli vahvistavaa tai destruktiivista eli vaimentavaa. (Juutinen.M. 2006.)

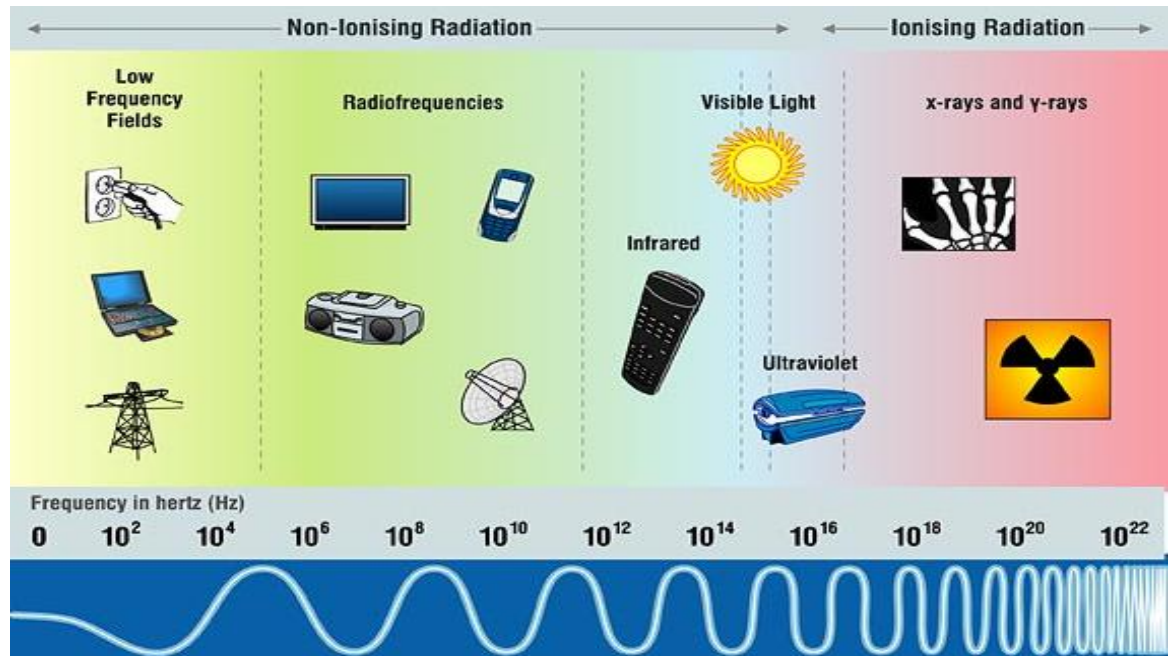
Kuten kuvio 5 esittää vasemmalla sinisignaali on 90 asteen vaihe-erossa, ja näin ne kumoavat toisensa. Oikealla puolella sinisignaali on samassa vaiheessa, ja näin ne vahvistavat toisiaan. Lopputuloksena on amplitudiarvoltaan kaksinkertainen signaali.



KUVIO 5. Signaalin destruktiivinen ja konstruktivinen interferenssi.
(Teknillinen korkeakoulu 2009.)

4 LISENSIVAPAA ISM-TAAJUUSALUE (2,45 GHz)

Koko käytössä oleva taajuusalue on jaettu eri käyttötarkoituksiin karkeasti kuvion 6 mukaisesti.



KUVIO 6. Yleinen taajuusalueen jakautuminen käyttökohteiden mukaan.
(Canadian Nuclear Association 2008.)

Taajuusalueen jako määritellään taulukon 2 mukaisesti myös radioaaltojen taajuusalueilla.

TAULUKKO 2. Radioaaltojen taajuusalueet

Taajuuskaistat	Nimitykset	Taajuudet
VLF	Very Low Frequencies	2 – 30 kHz
LF	Low Frequencies	30 – 300 kHz
MF	Medium Frequencies	300 – 3000 kHz
HF	High Frequencies	3 – 30 MHz
VHF	Very High Frequencies	30 – 300 MHz
UHF	Ultra High Frequencies	300 – 3000 MHz
SHF	Super High Frequencies	3 – 30 GHz
EHF	Extremely High Frequencies	30 – 300 GHz

Eurooppalaiset laitejärjestelmät 802.11b/g/n-standardin mukaisesti käyttävät 2.400 - 2.483 GHz:n lisenssivapaata taajuusalueetta (myös muita taajuusalueita on käytössä). Tämä taajuusalue on jaettu 13 kanavaan, joiden kanavakohtainen kaistanleveys on 22 MHz. Kaikki kanavat eivät kuitenkaan ole vapaita käytettäväksi kaikissa maissa. Euroopassa hyväksyttyjä ovat kanavat 1 - 13, poikkeuksena Espanjassa käytössä kanavat 10 - 11 ja Ranskassa 10 - 13. Yhdysvalloissa ja Kanadassa käytössä ovat kanavat 1-11 sekä Japanissa 14 (ks. taulukko 3). (Phoenix Contact 2009.)

TAULUKKO 3. ISM-kanavajako eri maissa

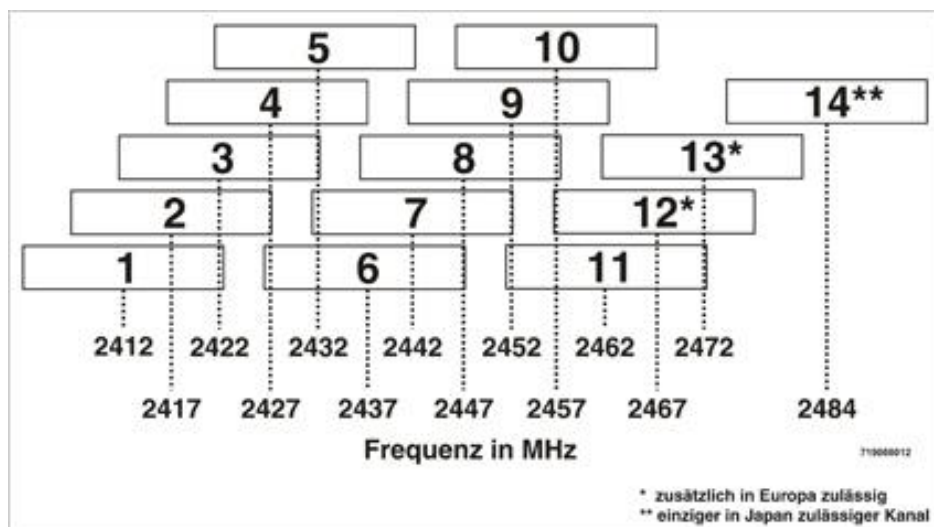
Alue	Kanavat	Taajuusalue
Eurooppa poikkeuksin	1 - 13	2,400 - 2,485 GHz
Espanja	10 - 11	2,445 - 2,475 GHz
Ranska	10 - 13	2,445 - 2,485 GHz
USA ja Kanada	1 - 11	2,400 - 2,475 GHz
Japani	14	2,473 - 2,495 GHz

2.45 GHz:n taajuusalue on niin sanottu yhteistaajuusalue, johon kaikilla taajuusalueen käyttäjillä on yhtä suuret oikeudet. Tästä johtuen yhteistaajuusalueella toimivalle radiolaitteelle ei tarvitse hankkia erillistä radioliikennöintilupaa. Koska taajuusalueelle ei tarvita radiolupaa, niin taajuusalueella toimiville radiolaitteille ei ole yksilöllisiä taajuuksia. Tämä puolestaan tarkoittaa sitä, ettei taajuusaluetta käyttäville laitteille voida taata häiriötöntä toimintaa. Laitteiden lähetysteho saa olla kuitenkin maksimissaan 100 mW:a, joten häiriöt rajoittuu paikallisiksi. Itse laitteiden tekniset spesifikaatiot Eurooppaan ovat määritelty ETSI:n standardissa ETSI 300 328. (ETSI EN 300328 2006.)

Tämän lisäksi IEEE 802.11a-standardille on määritelty 5,725 - 5,825 GHz:n taajuusalue. Tällä taajuusalueella on vähemmän käytössä olevia sovellutuksia, ja täten se on myös häiriöttömämpi taajuusalue kuin 2.45 GHz:n taajuusalue. Korkea taajuus läpäisee huonommin rakennusmateriaaleja ja tämän vuoksi vaimenee nopeammin kuin matalataajuisempi signaali. Näistä tekijöistä johtuen kuuluvuusalue pienenee huomattavasti verrattuna matalataajuisempaan langattomaan verkkoon.

2,45 GHz:n taajuusalueen WLAN-kanavat ovat limittäisiä, joten kaikkia kanavia ei voida käyttää samanaikaisesti ilman, että laitteet häiritsevät toisiaan. Tämän vuoksi on suositeltavaa käyttää vain kanavia 1, 6 ja 11. Euroopassa voidaan käyttää rinnakkain myös kanavia 1, 7 ja 13 tai 1, 6 ja 13 tai myös kanavia 1, 8 ja 13 ilman laitteiden välistä häiriötä (Mts. 39).

Kuviossa 7 on esitetty standardien mukainen kanavajako ja niiden taajuudet.



KUVIO 7. IEEE 802.11b/g -protokollan mukaiset taajuudet ja kanavat.
 (Phoenix Contact 2009.)

2,45 GHz:n ISM-kaistan suurin sallittu lähetysteho on rajoitettu arvoon 20 dBm, mikä mahdollistaa esteettömässä ympäristössä 200 metrin siirtoetäisyyden. Erilaisilla antenniratkaisuilla, kuten suunta-antenneilla, voidaan siirtoetäisyyttä kasvattaa oleellisesti. (Phoenix Contact 2009.)

5 STANDARDI IEEE 802.11

Langattoman lähiverkon standardit WLAN -standardit määrittelevät ISO:n (International Standards Organization) OSI (Open Systems Interconnection) -kerrosmallin fyysisen kerroksen ja siirtokerroksen toimintatavat eli protokollat. Langattomille lähiverkoille on olemassa sekä IEEE:n (the Institute of Electrical and Electronics Engineers), että ETSI:n (the European Telecommunications Standards Institute) luomat standardit.

IEEE:n standardia on IEEE 802.11 ja sitä on laajennettu standardeilla IEEE 802.11a ja IEEE 802.11b. (Tietotekniikka, WLAN-standardit)

Vuonna 2003 IEEE julkaisi 802.11g-standardin, joka on yhteensopiva 802.11b:n kanssa. 802.11g mahdollistaa bittinopeuden 54 Mbit/s käyttäen 2,45 Ghz:n radiotaajuutta. 802.11g käyttää kantoaalto modulaatioonsa OFDM-tekniikkaa ja bittijonon hajautukseen CCK-hajautusta (Complementary Code Keying). Tästä johtuen 802.11g on taaksepäin yhteensopiva 802.11b:n kanssa. Tällä hetkellä 802.11g on suosituin standardi langattomissa verkoissa. (Puska 2005, 40–44, 127.)

IEEE on julkaisut 802.11n-standardin, jonka määrittelemä siirtonopeus teoriassa on jopa 600Mbit/s, mutta todellisuudessa niille luvataan noin 100-200Mbit/s nopeutta. Uusi standardi parantaa selvästi signaalin siirtoetäisyyttä. Standardi tukee myös MIMO – tekniikkaa (Multiple-input multiple-out), jonka avulla tukiasemassa voi yhtäaikaaisesti käyttää monta antennia ja kanavaa. Tällöin tapahtuu signaalin vastaanottoa ja lähetystä samaan aikaan. Tukiasema voi käyttää MIMO – tekniikalla useita kanavia yhtä aikaa ja se parantaa langattoman verkon vikasietoisuutta.

IEEE 802.11 standardien viimeisin tilanne on päivitettyinä järjestön kotisivuille. (IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks 2009.)

6 HÄIRIÖLÄHTEET ISM TAAJUUSALUEELLA

6.1 Yleistä

Jotta käyttöön otettavan WLAN-verkon häiriölähteet sekä riittävä peittoalue saadaan varmistettua, on paikan päällä hyvä suorittaa katselmus (Site Survey). Katselmuksessa saadaan selville langattoman verkon peittoalue, suorituskyky sekä mahdolliset häiriölähteet. Sen avulla voidaan selvittää myös laiteasennusten yksityiskohdat ja sitä varten olisi hyvä rakentaa ne olosuhteet laitteiston sekä ympäristön osalta, jotka tulevat olemaan myös lopullisessa verkossa. Eli rakennetaan testiverkko, joka vastaa lopullista verkkototeutusta. Peittoalueen mittaaminen aloitetaan sijoittamalla tukiasema toivotulle alueelle. Tämän jälkeen kävellään kannettavan laitteen kanssa ja haetaan alue, jossa bittinopeus pysyy vielä vaaditulla tasolla. Saatujen mittaustulosten perusteella voidaan määrittää lopulliset asennuspaikat kuuluvuusalueineen ja ne voidaan merkitä pohjapiirustukseen. (Puska 2005, 220–222.)

Häiriöitä aiheuttavat samalla taajuudella toimivat laitteet, kuten mikroaaltouunit, langattomat puhelimet, ZigBee, Bluetooth-laitteet ja kuvansiirtolaitteet. Myös lennokkioradioiden ohjaamisessa käytetään 2,4 GHz taajuusalueita.

Mikroaaltouunin toiminta perustuu siihen, että sen sisällä on magnetroni, joka säteilee uunin sisälle 2,45 GHz:n taajuudella useiden satojen wattien teholla. Magnetroni on suurtehotyöhjöputki jota käytetään suuritaajuuksisten radioaaltojen eli mikroaaltojen tuottamiseen. Uunin sisätila on metallihäkki (ns. Faradayn häkki), jonka pitäisi estää mikroaalloja pääsemästä uunin ulkopuolelle. Mikäli uunin ovenssa on ikkuna, siinä on oltava myös sähköä johtava verkko, jonka pienikokoinen rei'itys päästää lävitseen näkyvän valon, mutta estää mikroaaltojen karkaamisen. (Lindholm, L 2009.)

Kolmannen sukupolven langattomat sisäpuhelimet (Cordless Phone) käyttävät 2,4 Ghz and 2.4835 GHz taajuusalueita puheensiirtoon ja näin aiheuttavat häiriötä WLAN-verkoille (TechFAQ 2009.)

ZigBee ja Bluetooth-laitteet käyttävät myös 2,45 GHz taajuusalueita datansiirtoon ja näin voivat aiheuttaa myös häiriöitä. Langatonta kuvansiirtoa käytetään esimerkiksi valvontatilanteissa. Tällaiset laitteet myös käyttävät 2,400 - 2,483 GHz taajuusalueita datansiirtoon. (KH-verkkokauppa 2009.)

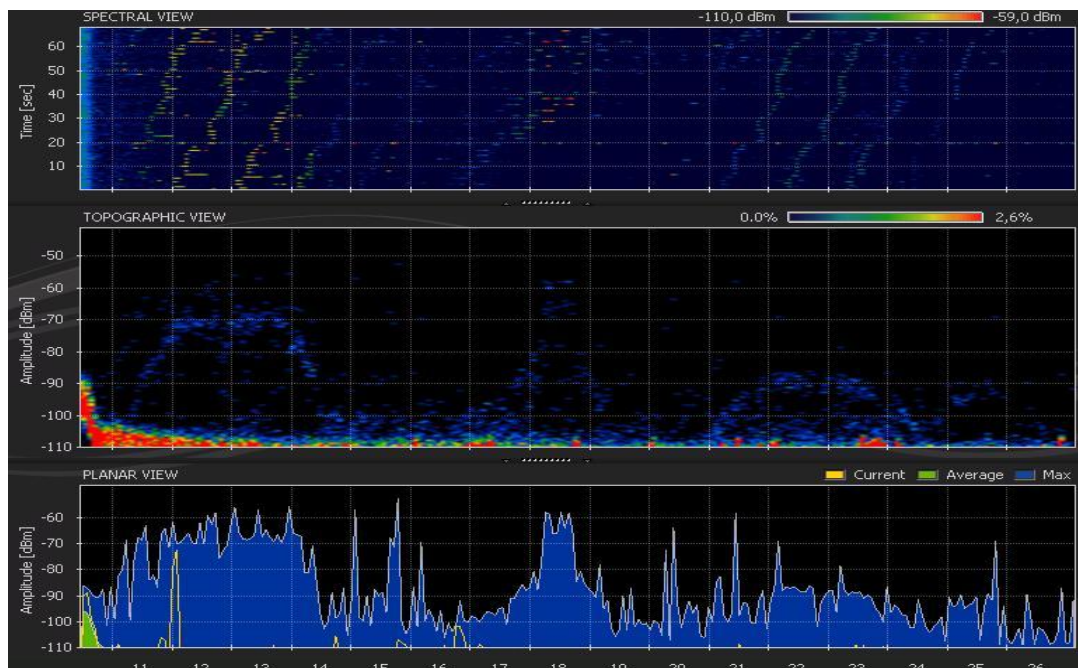
6.2 ZigBee

Zigbee on langattomana radioteknologiana uusin ja se on pieni tehoinen, lyhyen kantaman radioliikenteen standardi, joka kuuluu WPAN- standardiperheeseen (IEEE 802.15) sen viimeisin standardi on IEEE 802.15.4. Zigbee on itsestään järjestäytyvä ja korjautuva anturiverkkoteknologia, joka toimii ISM-taajuusalueella. Jossain maissa se toimii 868 MHz (lissenssivapaa Euroopassa) tai 915 MHz alueilla (lissenssivapaa USA:ssa).

Kyseessä on pienten, yksinkertaisten laitteiden kytkeytyminen langattomaksi verkoksi nopeasti. Laitteiden tyypillinen kantomatka on kymmeniä metrejä ja siirtonopeus 10 – 250 Kb/s. ZigBee-standardi sisältää IEEE 802.15.4-standardin määrittelemän osan ja ZigBee Alliancen määrittelemät toiminnot. (Wireless Platform-projekti 2007.)

Zigbee nimi on syntynyt olutkuppilassa Amsterdamissa kesällä 2002. Nimi on ihan keksitty, mutta kuvaa hyvin toimintaa, joka on kuin mehiläiset ja heidän taidokas kommunikointi. ZigBeen käyttökohteita ovat erilaiset anturiverkot ja tyypillinen käyttö on päivitystietojen lähettäminen. Tällaisessa sovellutuksessa se lähettää kerran minuutissa dataa tiedonkerääjään. Sovelluskohteita voivat olla erilaiset kotiautomaatio-ohjaukset (lämpötilan mittaus, valaistuksen ohjaus) ja teollisuuden moninaiset ohjaustarpeet. (Lappeenrannan tekninen yliopisto 2006.)

Sovellus mahdollisuuksia on monia, koska se on vähän energiakuluttava, luotettava tekninen toiminta, taloudellisesti edullinen ja kaikille avoin standardi. Sillä voidaan ohjata esimerkiksi kodin kaikki valaistukset, lämmitykset ja ilmastoinnit. Valaistus voidaan katkaista pois päältä automaattisesti silloin kun kukaan ei ole huoneessa sisällä. Teollisuus, kaupat ja varastotoimijat voivat ohjata eri sähkölaitteiden toimintaa sen avulla. Kaupan pakastealaiden jäähdystystarvetta voidaan ohjata sen mukaan, kuinka paljon siellä on pakasteita. Kuvio 8 esittää tyypillisen ZigBee-näkymän spektrissä, missä huomataan sen peittävä 3 kanavan taajuusalueen (kanavat 11, 12, 13).

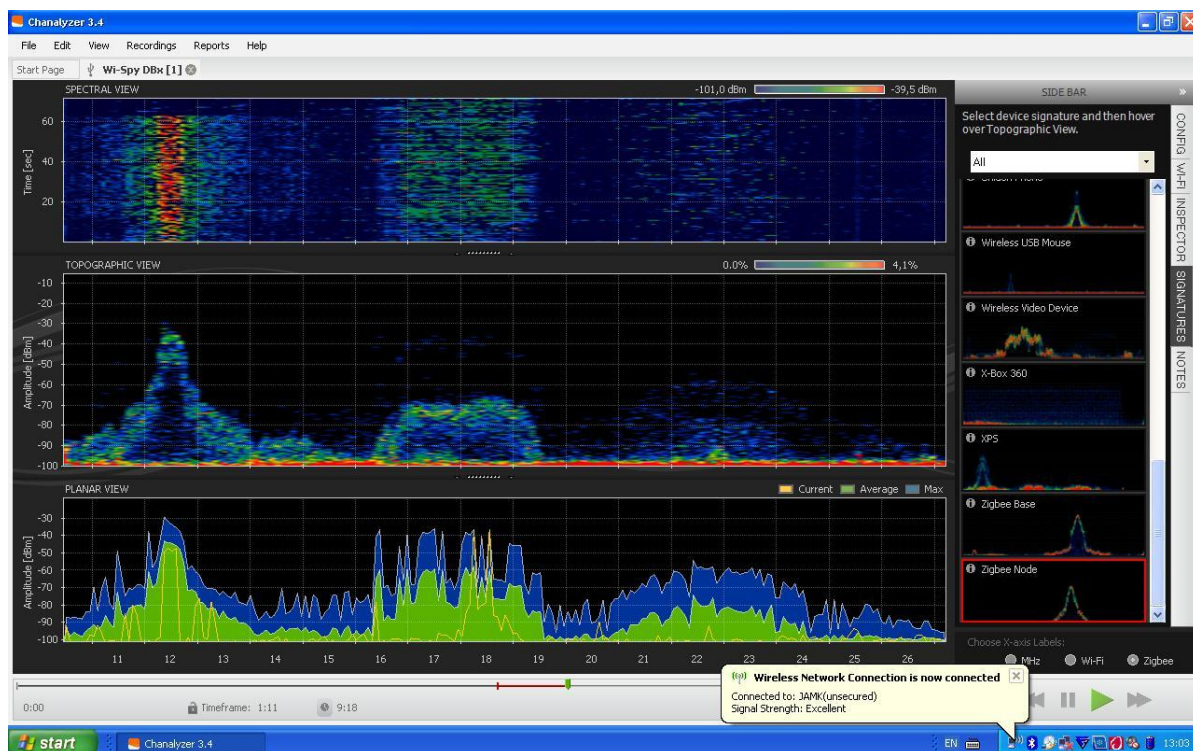


KUVIO 8. ZigBee signaalin spektrikuva

ZigBee tuotteilla ei ole tarkoituksena haastaa Bluetoothia, vaan ne ovat tarkoitettu taloudellisesti edullisiksi ja niillä on äärimmäisen pieni virrankulutus, jolloin patterin kesto on useita vuosia. Toteutuksien tavoite on edullisuus ja yksinkertaisuus. Sovelluksia on myös olemassa, jotka lähettävät jatkuvasti dataa (tietoa) mm. kiihtyvyysanturisovellus. Tällöin virrankulutus on luonnollisesti suurempi.

Viimeisen standardin (802.15.4) Pro ZigBee:n ominaisuudet mahdollistavat suurten ja monimutkaisten verkkojen toteuttamisen. Uusi standardi tukee suuria verkkoja, pitkien viestien jakamista, muiden järjestelmien ja protokollien kanssa keskustelua sekä automaattisen häiriösiedon ja laiteosoitteiden hallinnan. Mukaan tulee myös ryhmäosoitteet, parantanut tietoturvasuoja ja keskitetty datan keruu. (Wireless Net.)

Kuviossa 9 Zigbee on käytössä ja spektri mitattu kahden metrin päästä. Sen signaali peittää kolme kanavaa (kanavat 11, 12, 13) ja taso on näin lähellä mitattuna korkeimmillaan – 30 dBm:ää.



KUVIO 9. ZigBee signaalin spektrikuva

6.3 Bluetooth

Bluetooth on avoin standardi langattomien laitteiden datansiirtoon lähietäisyyksillä. Sen on alun perin perustanut Ericsson-yhtiö (nykyään Sony Ericsson) 1990-luvun puolivälissä, jolloin he alkoivat tutkia langatonta tiedonsiirtoa radiopuhelimien ja niiden lisälaitteiden välillä. Bluetooth nimi tulee 900-luvulla eläneestä ruotsalaisesta viikinkikuninkaasta Harald Blåtandin. 1990-luvun lopulla perustettiin Bluetooth SIG (Special Interest Group) ryhmä Ericsson aloitteesta luomaan uutta standardia, mukana perustajajäseninä olivat mm. Nokia, IBM, Toshiba ja Intel. Viime vuonna ryhmässä oli jo yli 12000 jäsentä. (Sähkön Millennium.)

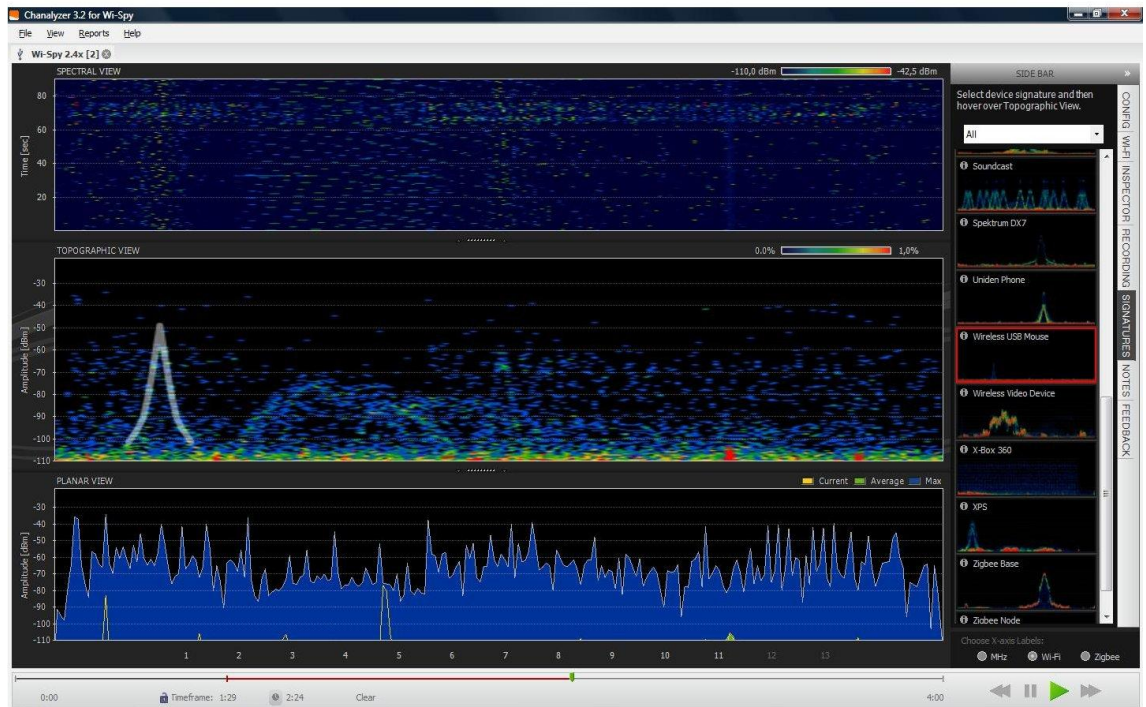
Bluetooth on radiotekniikkaan perustuva langaton tiedonsiirtotekniikka, jonka tarkoituksena on korvata kaapelit radiopuhelimien, tietokoneiden, tulostimien ja erilaisten muiden oheislaitteiden välillä. Bluetooth korvaa esimerkiksi infrapunayhteydet, koska se on toimintavarmempi ja mahdollistaa monipuolisemman siirtotekniikan eikä tarvitse optista kontaktia yhteyslaitteiden välillä. Bluetooth-teknologia mahdollistaa datansiirron salauksen ja laitteiden autentikoinnin (tunnistamisen yksilökohtaisesti).

Bluetooth toimii ISM-taajuusalueella (2,4 – 2,485 GHz) ja käyttää ns. spread spectrum frequency hopping tekniikkaa eli lähetystaajuus hyppelee (vaihtuu) 1600 kertaa/s. Tämän takia datansiirto on pakettikytkentäistä ja yhden paketin lähetysaika on (slot) noin 625 mikrosekuntia. Bluetooth käyttää Piconet topologiaa, jossa useampi laite toimii samassa verkossa. Verkossa yksi laite on isäntä (master) ja muut laitteet ovat orjia (slaves). Jokin laite voi samanaikaisesti kuulua useampaan piconet-ryhmään, mutta se voi toimia aktiivisesti vain yhdessä ryhmässä. Bluetoothin tärkeimmät spesifikaatiot ja niiden versiot ovat 2.1 + Enhanced Data Rate (hyväksytty/käyttöönotto 2007) ja 3.0 + High speed (hyväksytty/käyttöönotto 2009). 2.1 versio nostaa tiedonsiirto nopeuden 3,0 Mbps ja tarjoaa parannuksia esimerkiksi virheenkorjauksiin. Tyyppillisiä käyttösovelluksia ovat radiopuhelimet, pelilaitteet, musiikin kuuntelu, stereoradiot, auton lisälaitteet, tietokoneiden lisälaitteet, kuten hiiri, näppäimistö sekä tulostin. 3.0 versio nostaa tiedonsiirto nopeuden 54 Mbps ja toimii 2,4 GHz lisäksi myös 5 GHz taajuusalueella. Siirtonopeuden kasvamisen vuoksi, sillä saadaan suurempien datamäärän siirtoa ja synkronoitu äänen ja kuvan siirto onnistumaan. (Bluetooth Basics.).

Kuvio 10 esittää Bluetooth signaalin näkymisen Wi-Spy:llä mitatussa spektrissä. Config välilehdellä määritellään käytössä olevat kanavat, mittausspektrin taajuusalue, keskitaajuus, ruudun koko taajuusarvona, resoluutio, pyyhkäisy aika. Wi-Fi välilehdellä määritellään mitkä verkon kanavat tulevat näkyviin. Inspector välilehdellä tulee näkyviin taajuus- ja amplituditiedot. Signatures välilehdellä saadaan käyttöön eri laitteiden signaalien esimerkkimallit. Notes välilehdellä voi tehdä mittauskuviin liittyviä haluttuja lisämerkintöjä ja muistiinpanoja.

Spectral View näkymästä nähdään signaalin voimakkuus kullakin ajanhetkellä. Topographic View näkymä kertoo kuinka suosittua liikenne on milläkin voimakkuudella → Sininen (harva) – Punainen (tiheä). Planar View kertoo kuinka suuri signaalin voimakkuus on taajuusalueen eri osissa.

Topographic view kentässä on esimerkki (valkoinen signaali), minkälaisena Bluetooth signaali pitäisi ilmetä alla olevassa mittauskuvassa hetkellisesti.



KUVIO 10. Bluetooth näkymä spektrissä

Bluetooth-laitteet jaetaan kolmeen luokkaan lähetystehon mukaan. Luokka 3 laitteilla on lähetysteho 1 mW ja niillä voidaan siirtää langattomasti dataa noin metrin etäisyydellä. Luokan 2 laitteilla on lähetysteho 2,5 mW ja etäisyys voi olla kymmeniä metrejä. Luokan 1 laitteet lähettävät signaalin 100mW:lla ja tällöin etäisyys voi olla jopa 100 metriä. (Bluetooth Basics.)

7 MITTAUSMENETELMÄT JA MITTALAITTEET

7.1 Yleistä

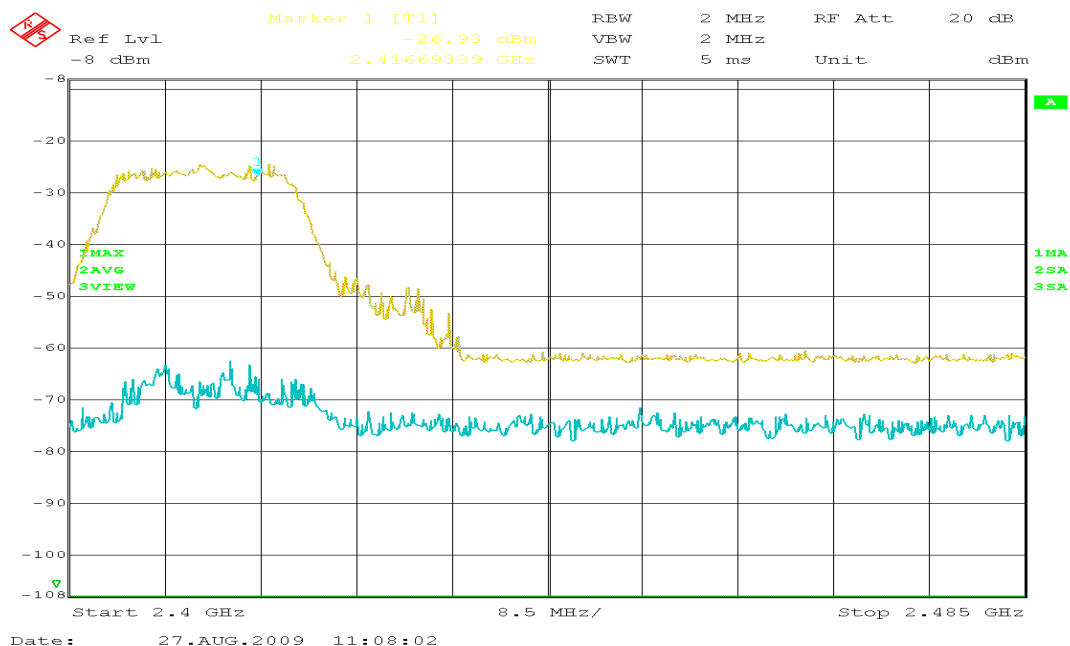
Häiriöiden mittaamiseen ISM-taajuusalueella voidaan käyttää perinteisiä spektrianalysaattoreita tai erilaisia tietokoneella toimivia ladattavia ohjelmia ja niihin liittyviä RF-laitteita. Tietokoneella käytettävät ohjelmat tarvitsevat lisälaitteiksi verkko-kortteja sekä usb-liittimeen tulevia laitteita, joissa on antennirakenteet.

7.2 Spektrianalysaattorit

Laittevalmistajia on useita tarjolla. Itse olen aikaisemmin työelämässä käyttänyt Rohde&Schwarz:in laitteita eniten, muita valmistajia on mm. Anritsu, HP, Metrix ja Pro-tex.

Tässä työssä oli käytettävissä Rohde&Schwarz:in Signal Analyzer FSIQ3. Laitteella pystytään mittaamaan signaalin spektri 20 Hz - 3,5 MHz taajuusalueella. Samaan tuoterheeseen kuuluu laitteet FSIQ7 (taajuusalue 20 Hz – 7 GHz) ja FSIQ26 (taajuus-alue 20 Hz – 26,5 GHz). Tämän tuoterheeseen laitteilla voidaan mitata -155 – 30 dBm amplitudin signaaleja. Käytössä on lineaarinen 200 dB asti oleva näyttöalue. Näytönvirhe marginaali on alle 1,5 dB 2,4 GHz:n alueella. Laitteen näkymän kaistanleveyden resoluutiota voidaan säätää 1 Hz aina 10 MHz. Laitteen paino on kymmeniä kiloja, joten sen käyttö verkkohäiriöiden mittaamisessa on hankalaa. (R&S FSQ Signal Analyzer.)

Häiriöpaikannuksessa pitää liikkua koko verkon kattavan alueen toimitiloissa tarvittaessa ja suorittaa useita mittauksia. Näin painavan laitteen käyttö on hidasta ja kuvansaaminen siitä ulos sähköisessä muodossa hankalaa. Kuvio11 esittää Rohde&Schwarz:in FSIQ3 spektrianalysaattorilla mitattua tulosta WLAN-verkon taajuusalueella.



KUVIO 11. Spektrianalysaattorin mittaustulos WLAN-verkon taajuusalueella

Rohde&Schwarz tarjoaa nykyisin uusia kevyempiä spektrianalysaattoreita, R&S FSH3, FSH6 ja FSH18, joiden paino on 2,5 kg. Kuvio 12 esittää FSH18 laitetta. Laitteet ovat fyysiseltä kooltaan käyttöön sopivia (ulkomitat 170 mm x 120 mm x 270 mm), mutta niiden hinta on turhan korkea (noin 15000 €). Eri mallien toiminta taajuusalue vaihtelee ja niillä voi suorittaa korkealaatuisia mittauksia. Tuotteet ovat selvästi tarkoitettuja vaativiin tutkimus- ja tuotekehitys mittauksiin. (R&S FSH3/6/18 Spectrum Analyzer).



KUVIO 12. Rohde&Schwarz'in spektrianalysaattori FSH18. (R&S FSH3/6/18 Spectrum Analyzer.)

7.3 Tietokoneella toimivat mittausohjelmat ja niiden lisälaitteet

WLAN-verkon testaukseen ja analysointiin on tarjolla useita eri valmistajia ja ohjelmia moninaisilla lisälaitteilla. Tässä työssä tarkastelen toimintaa fyysisellä siirtotiellä, joten en esittele tässä työssä näitä laitteita.

7.4 Wi-Spy

Tässä työssä oli käytettävissä MetaGeek:in valmistama Wi-Spy DBx RF-analysaattori, jolla voi tutkia 2,4 GHz ja 5 GHz WLAN-verkkoja.

Wi-Spy DBx kuuluu pieni USB laite liitettäväksi tietokoneeseen, jossa on spektrianalysaattoria vastaavat ominaisuudet yhdessä Chanalyzer ohjelman kanssa. Sillä voi skannata ja näyttää ISM 2,4 GHz taajuusalueella kaikki toimivat lähetyssignaalit. Se auttaa havaitsemaan häiriöt ja löytämään vapaina olevat kanavat sekä analysimaan signaalien laatua. Tietokoneelle oli ladattu Chanalyzer ohjelma (versio 3.4), jolla voi tehdä analysoinnin, häiriöselvityksen ja optimoida verkon vaivattomasti. (Wi-Spy DBx 2010.)

Kuviossa 13 on esitettynä tietokoneeseen liitettävä spektrianalysaattori.



KUVIO 13. Wi-Spy 2,4x. (Wi-Spy DBx 2010).

Tärkeimmät ominaisuudet laitteella ovat seuraavat:

- toiminta-alue: 2400 – 2450 MHz
- taajuus resoluutio: 328 kHz
- antenni: ulkoinen (external), RP-SMA
- amplitudi alue: -110 dBm – 6,5 dBm
- amplitudi resoluutio: 0,5 dBm
- pyyhkäisy aika (sweep time): 165 millisekuntia

Ohjelma toimii Windows XP tai uudemmilla käyttöjärjestelmillä ja tarvitaan tietokoneen USB-liityntä. Chanalyzer-ohjelma kerää datan Wi-Spy spektrianalysaattorin avulla ja esittää mittaustuloksen interaktiivisena spektrikuviona. Yhdessä niitä käyttämällä voidaan havainnollistaa häiriösignaalit ja korjata olemassa olevia WLAN-verkkoja. Ohjelma tallentaa reaaliaikaisesti datan esitettäväksi myöhemmin. Chanalyzer ohjelmaa käyttämällä saa langattomaan verkkoon vaikuttavat tekijät selville ja niiden perusteella optimoida käytettävä WLAN-verkko. (Wi-Spy DBx 2010.)

Wi-Spy 2,4x kytkemällä halutuissa toimitilassa toimivaan tietokoneeseen, se toimii myös datan kerääjän (tiedustelijana) häiriöiden tai niiden tietojen selvittämiseen. Ohjelman välilehtistä (Side-Bar) voi asentaa erilaisia lisätoimintoja selkeyttämään mittauksia. (Wi-Spy DBx 2010.)

Wi-Fi välilehdelle on integroitu kanavien SSID tiedot, toiminnassa olevat kanavat ja signaalien voimakkuudet dBm – arvoina koko 2,4 GHz WLAN-verkon alueella. Wi-Spy:ssä ei ole käytössä omaa sisäistä kytkentää, vaan se käyttää tietokoneen WLAN-korttia hyväkseen. (Wi-Spy DBx 2010.)

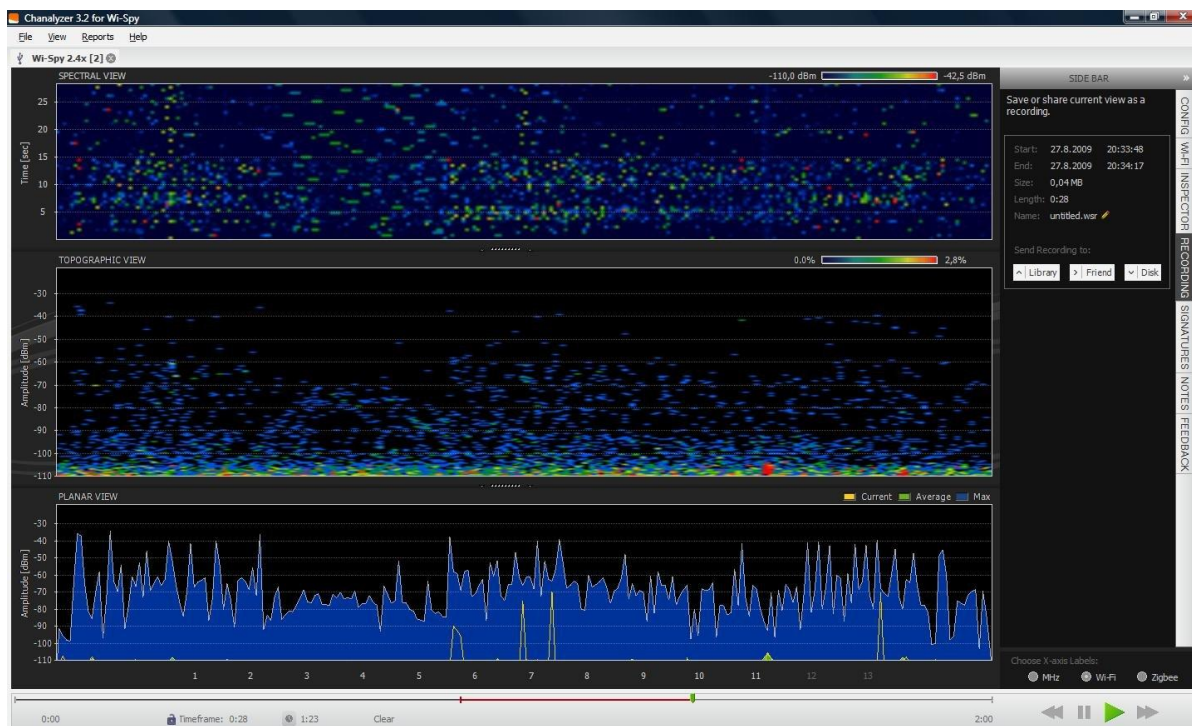
Käyttöliittymässä olevia eri välilehtisivuja (oikealta valikosta) ovat Config, Wi-Fi, Inspector, Signatures ja Notes näkymät. Oikeasta alareunasta voidaan valita x-akselin näkymä, vaihtoehdot ovat MHz, Wi-Fi tai ZigBee. (Wi-Spy DBx 2010.)

- Config välilehdellä määritellään käytössä olevat kanavat, mittaustuloksen taajuusalue, keskitaajuus, ruudun koko taajuusarvona, resoluutio, pyyhkäisy aika.

- Wi-Fi välilehdellä määritellään mitkä verkon kanavatiedot tulee näkyviin.
- Inspector välilehdellä tulee näkyviin taajuus- ja amplituditiedot.
- Signatures välilehdellä saadaan käyttöön eri laitteiden signaalien esimerkki-mallit.
- Notes välilehdellä voi tehdä mittauskuviin liittyviä haluttuja lisämerkintöjä ja muistiinpanoja.

Näytön alareunassa näkyy mittausaika ja siellä olevilla painikkeilla voi kuvan pysäyttää, kelata eteen- tai taaksepäin. (Wi-Spy DBx 2010.)

Kuvio 14 esittää perusnäkyvän Wi-Spyn mittauksesta. Spectral View näkymästä nähdään signaalin voimakkuus kullakin ajanhetkellä (aika esitetty pystyakselilla ja taajuusalue vaakakselilla) → Sininen (heikko) – Punainen (vahva). Topographic View näkymä kertoo kuinka suosittua liikenne on milläkin voimakkuudella → Sininen (harva) – Punainen (tiheä). Planar View kertoo kuinka suuri signaalin voimakkuus on taajuusalueen eri osissa. Keltainen ilmaisee reaaliaikaisen voimakkuuden, vihreä keskiarvon ja sininen maksimivoimakkuuden.

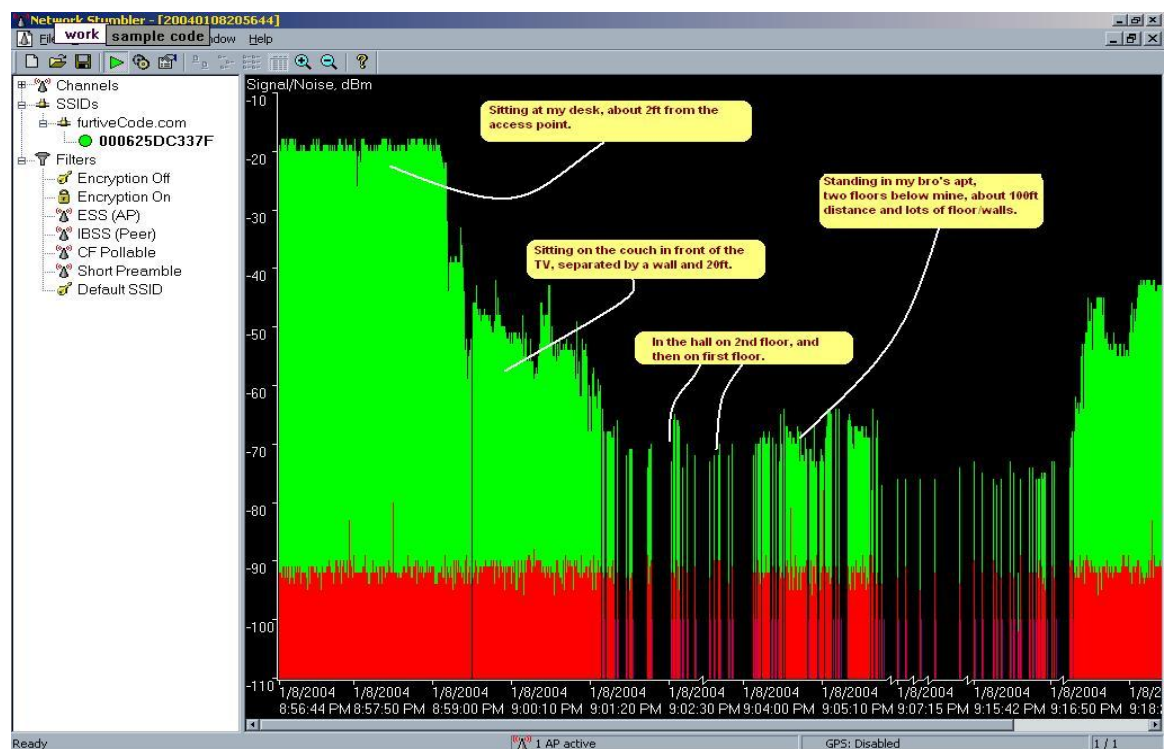


KUVIO 14. Wi-Spyn mittaus.

7.5 Network Stumbler

Network Stumbler on ohjelma WLAN-verkkojen tutkimiseen. Ohjelmalla voi tarkastaa omalla koneella kuuluvien verkkojen nimet ja kanavat. Kanavien lisäksi sillä voi myös kaapata liikennettä ja tutkia verkossa liikkuvia paketteja esimerkiksi huonon kuuluvuuden selvittämiseen. (Tietokone.)

Ohjelma on kevyt ja toimii hyvin myös heikkotehoisissa koneissa. Käyttöliittymä on monipuolinen ja sen hallinnan opettelu vie aikaa. Kuviossa 15 on esimerkki ohjelman mittaustuloksista ja niiden analysoinnista.



KUVIO 15. Network Stumbler-ohjelman mittaustulos. (Metafilter 2010).

8 KÄYTÄNNÖN OSUUS

8.1 Mittausmenetelmät

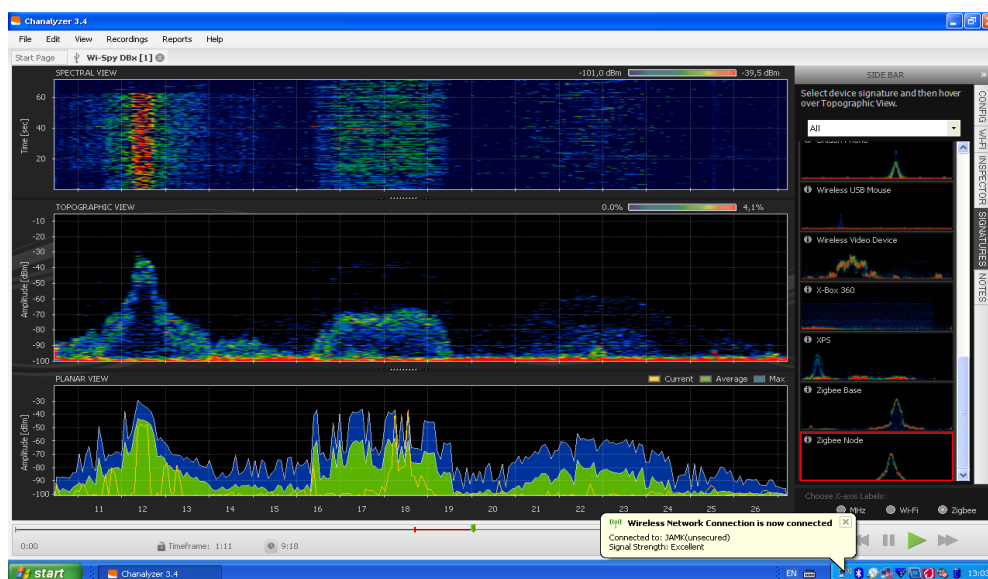
Suoritin mittauksia saatavissa olevilla laitteilla ja ohjelmilla. Wi-Spy DBx- analysaattori soveltui selvästi parhaiden häiriöiden spektrin mittaamiseen. Signaalin vaimennuksen mittaukseen ei oikein ollut mittalaitteita, mutta suuntaa antavia tuloksia sai myös Wi-Spy DBx tuloksia analysoimalla. Mittauksien lisäksi suunnittelin häiriöpaikkaukseen prosessikaavion (Liite 1), asiakas kyselylomakkeen (liite 2) ja häiriöpaikkauksen toimintaohje (liite 3).

8.2 Vaimennusmittauksien toteutus

Jyväskylän ammattikorkeassa koulussa oli käytettävissä MetaGeek:in valmistama Wi-Spy DBx, jolla voi tutkia 2,4 GHz ja 5 GHz WLAN-verkkoja.

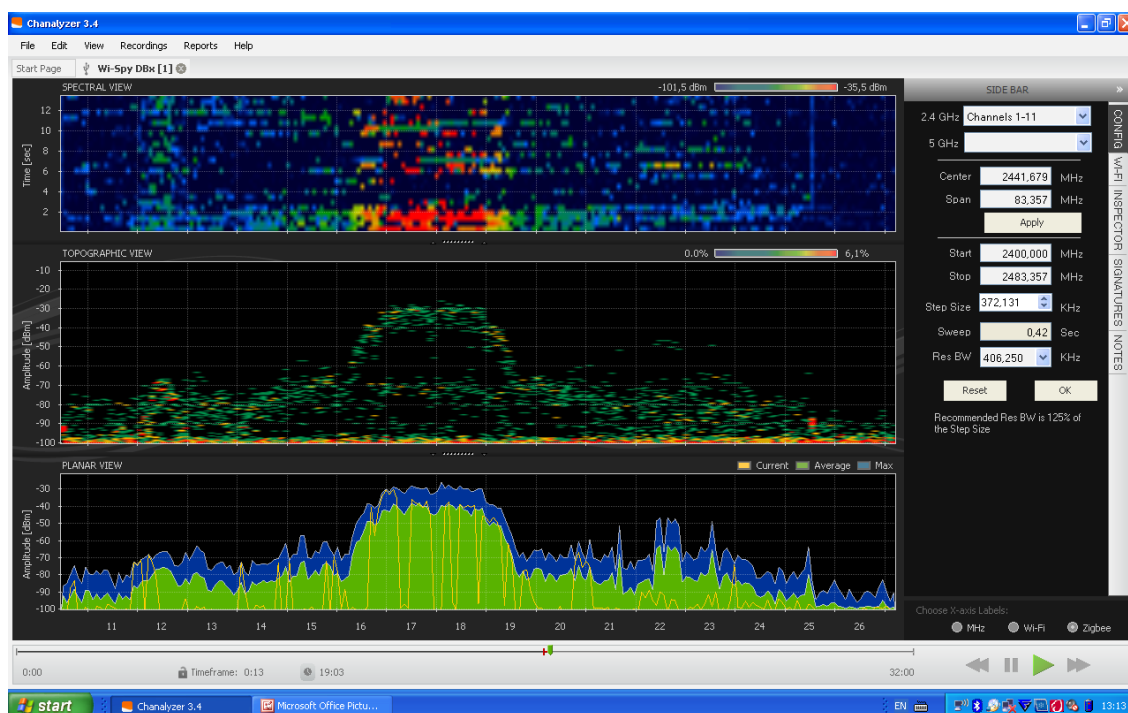
ZigBee-lähetin laitettiin päälle huoneessa 425 lähettämään koko ajan signaalia ja suoritin mittauksia sekä samassa kerroksessa että myös alemmassa kerroksessa. Liitteessä 4 on esitettyä neljännen kerroksen pohjapiirros, johon suoritettujen mittauksien mittauspisteet ovat merkittyinä.

Kuviosta 16 näkyy päällä oleva ZigBee kanavalla 12. Lähettävän ZigBeen vieressä, samassa huoneessa 425, suoritettussa mittauksessa sen signaalin taso vaihteli - 40 dBm ja - 50 dBm välillä.



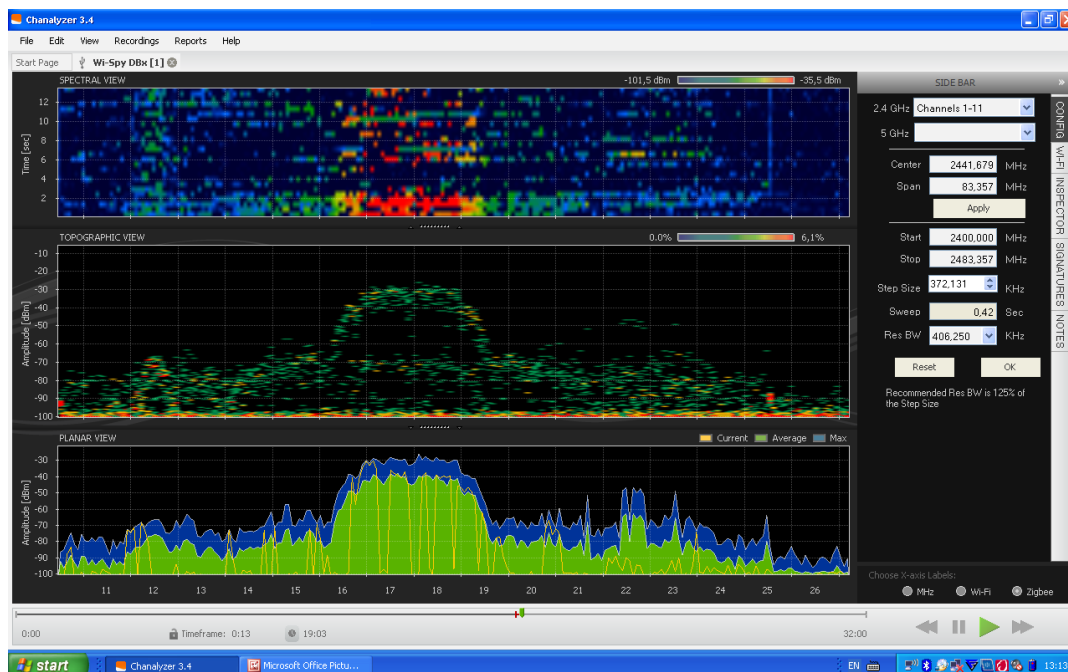
KUVIO 16. ZigBee päällä samassa huoneessa (huone 425).

Seuraavaksi suoritin vastaavan mittauksen huoneessa 422, eli välissä oli kolme normaalia seinää, havaitaan että ZigBee:n signaalin taso on laskenut - 75 dBm ja - 85 dBm välille. Kuviossa 17 on suoritetun mittauksen spektrikuva. Jos vertaa teoreettisia vaimennusarvoja (TAULUKKO 1) mittaustulokseen ja ottaa huomioon välimatkan kasvamisen, niin oppilaitoksen seinät vastaavat toimistoseinien yläpään vaimennuslukumia (5 dB vaimennus/seinä).



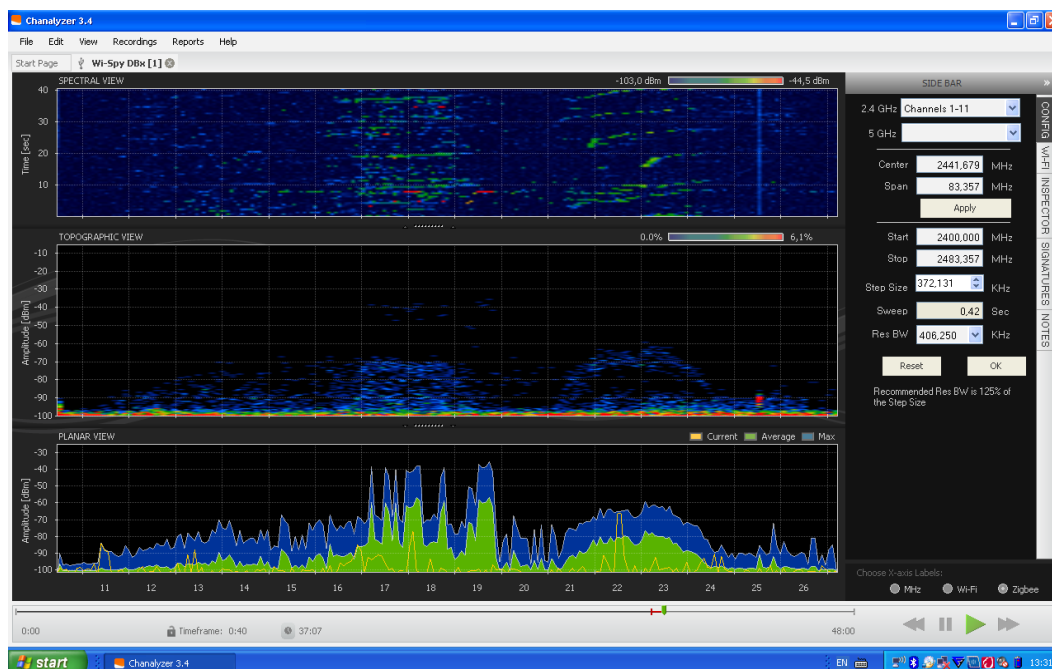
KUVIO 17. ZigBee päällä mitattu huoneessa 422

Seuraavaksi suoritin vastaavan mittauksen huoneen 424 edessä, jolloin ovi huoneeseen 425 oli kiinni. Kuviossa 18 on esitetty mittauksen spektrikuva. Käytävällä suljetun oven takana suoritettussa mittauksessa on lähes sama ZigBee-signaalin taso, kuin kolmen väliseinän takana. Signaali vaimenee saman verran kolmen seinän läpi kuin yhden oven läpi kulkiessa. Minulla ei ollut tietoa mitä materiaalia ovi on, mutta tuloksesta voisi päätellä, että ovessa on käytetty eristeenä jotakin foliomateriaalia äänieristyksen takia.



KUVIO 18. ZigBee päällä mitattu käytävällä 424.

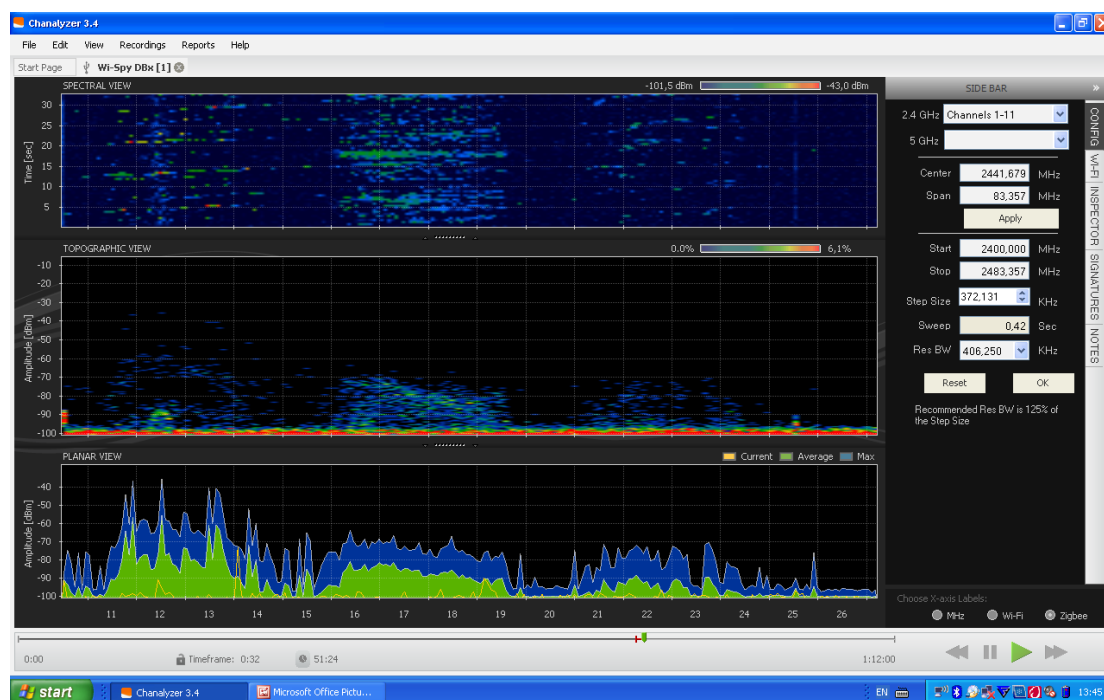
Seuraavaksi suoritin mittauksen kerroksen aulassa, jolloin välissä oli lasinen palo-ovi (jossa on sisällä metallilangoitus), tavallinen ovi ja matkaa noin 20 metriä. Kuvio 19 esittää mittauksen tuloksen. Havaitaan, että ZigBee signaalin taso on laskenut lähes – 100 dBm arvoon, eli vaimentunut olemattomiin.



KUVIO 19. ZigBee päällä mitattu saman kerroksen aulassa, välissä lasiovi ja tavallinen ovi.

Vastaava mittaus käytävän toisessa päässä, jolloin matkaa häiriölähteeseen oli noin 10 metriä, ja välissä oli lasinen palo-ovi sekä kaksi seinää. Signaalin taso vaihtelee - 80 dBm ja - 90 dBm välillä. Mittasin myös signaalin tason, kun välissä oli kaksi seinää ja matkaa noin 10 metriä, tällöin signaalin vaihtelu oli - 70 dBm ja - 80 dBm tasolla. Lasinen palo-ovi, jossa on metalliverkko, näyttäisi vaimentavan lähes 10 dB:ä langattoman verkon signaalia.

Kävin suorittamassa mittauksia myös alemmassa kerroksessa, ja ainoastaan suoraan huoneen 425 alapuolella ZigBee signaali oli näkyvissä mittauksissa. Kuviossa 20 on kerrosta alempana suoritettun mittauksen spektrikuva. Kuvasta havaitaan, että signaalin taso vaihtelee - 60 dBm ja - 80 dBm välillä hyvin voimakkaasti. En tiedä, mitä materiaalia on kerroksien välissä ja johtuuko signaalin tason vaihtelu heijastuksista tai signaalin monitie-etenemisestä. Lisäksi alemmassa kerroksessa saattoi samanaikaisesti olla muita häiritseviä lähetyksiä päällä.

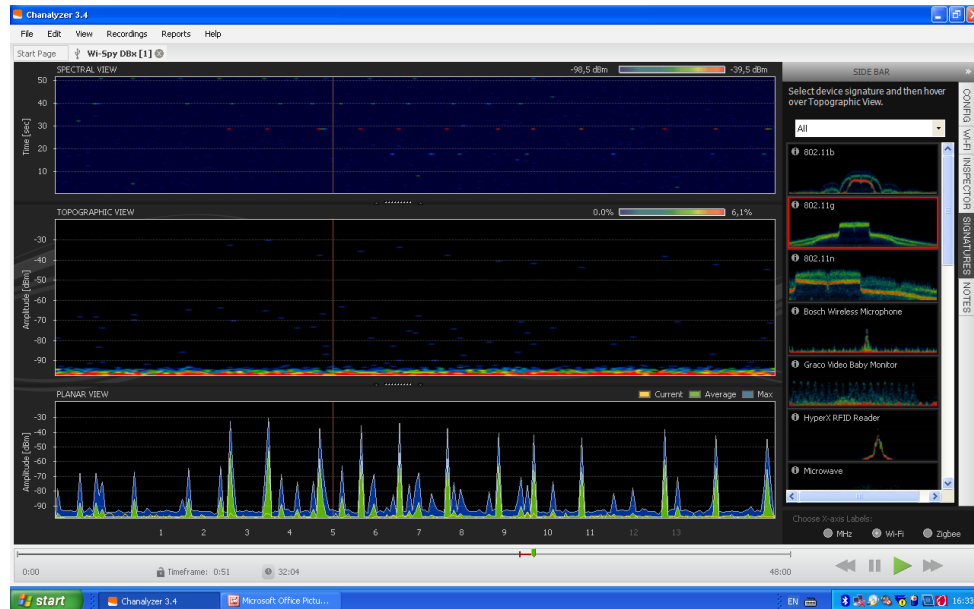


KUVIO 20. ZigBee päällä mitattu kolmannessa kerroksessa lähes suoraan alapuolella

Muita käytännön kohteita oli vaikea löytää signaalin vaimennuksen mittaamiseen. Onneksi ystäväni pyysi mukaan langattoman kameran asennuskeikalle ja pääsin siellä suorittamaan Wi-Spy:llä mittauksia. Paikkana oli iso maatila, johon oltiin asentamassa

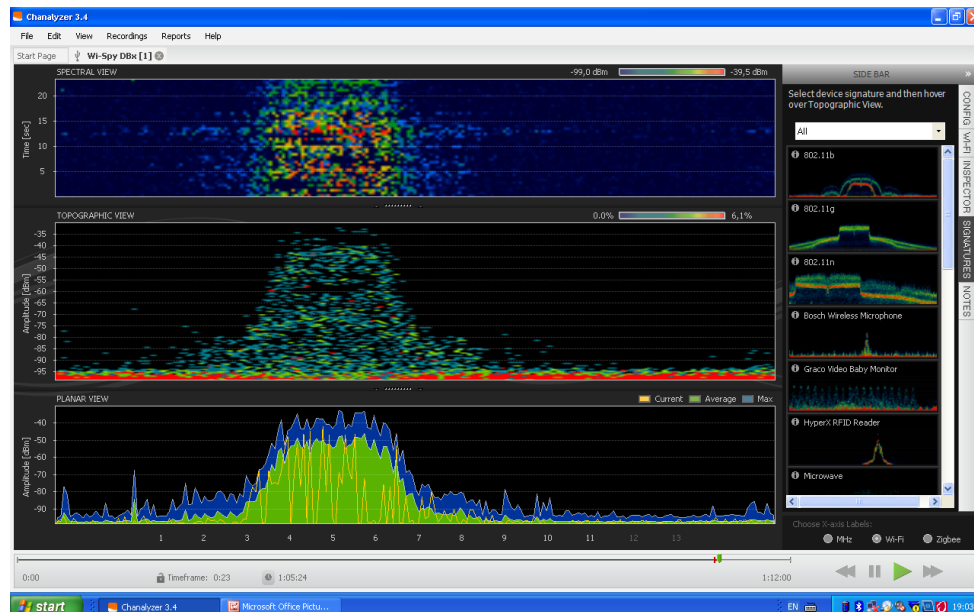
navettarakennukseen langatonta kameraa, jonka kuva haluttiin nähdä päärakennuksen toimistotilan tietokoneella. Verkko toteutettiin kahdella Buffalon reitittimellä.

Kuvio 21 esittää spektrikuva kun vain langaton kamera, Intellicam 8904, on vieressä päällä. Kuviosta näkee kuinka se vie koko kaistan.



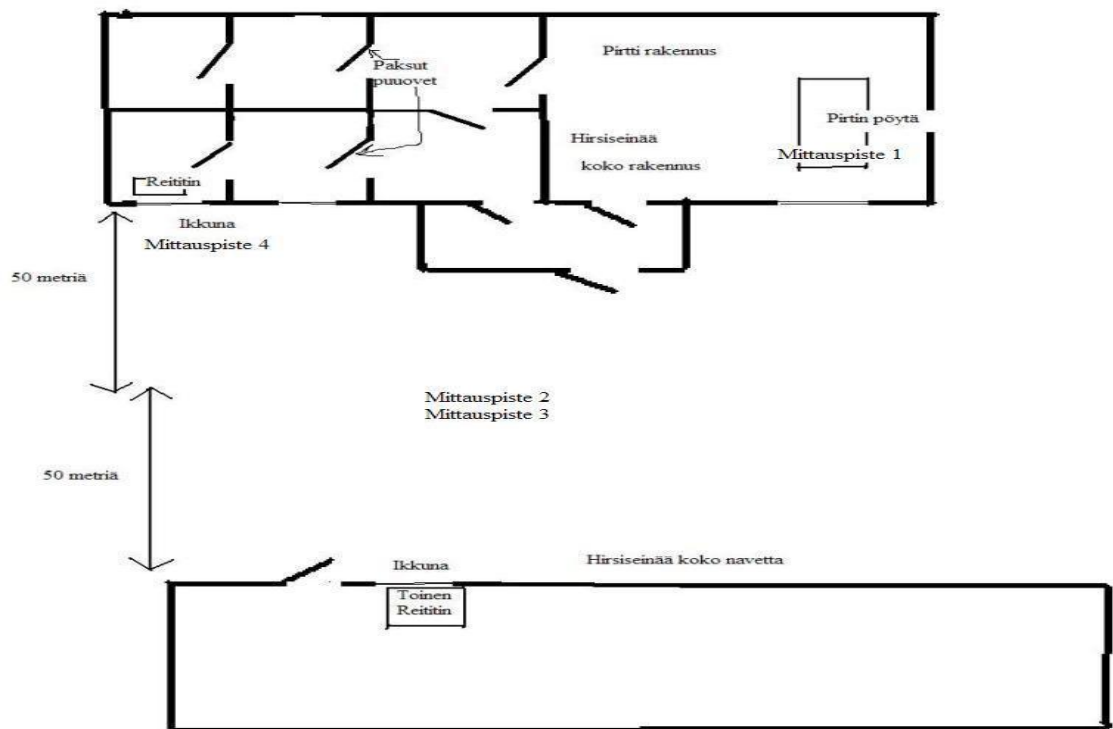
KUVIO 21. Intellicam 8904 kameran signaalin spektrikuva.

Kuviossa 22 Buffalon reititin, WHR-HP-G54, on päällä vieressä. Reitittimen maksimi lähetysteho on 16 dBm (802.11 g) ja se oli asennettu toimimaan kanavalla 5.



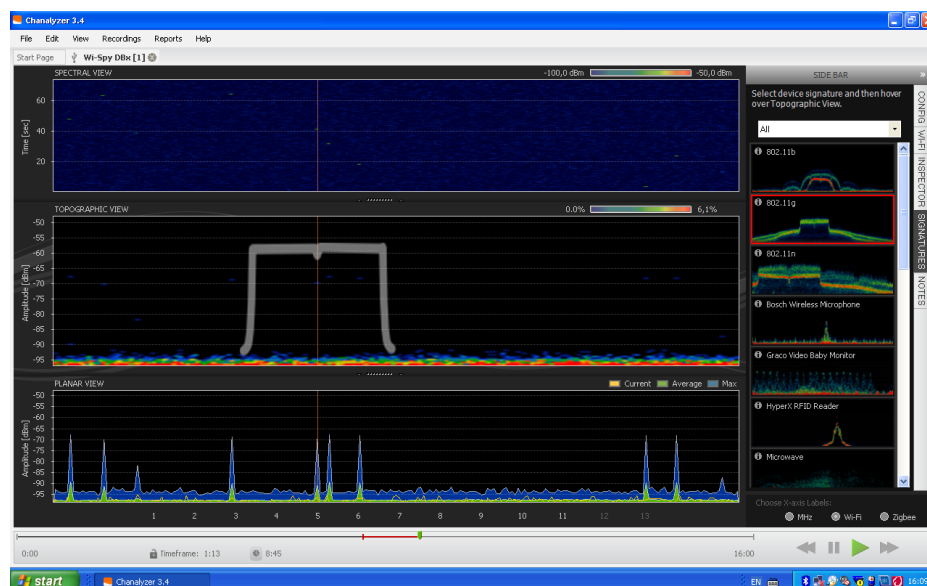
KUVIO 22. Spektrikuva reitittimen signaalista.

Päärakennuksessa oli useita huoneita ja tukiasema oli sijoitettu perällä olevaan toimito käytössä olevaan huoneeseen. Kuviossa 23 on mittausympäristöstä piirretty kuvio.



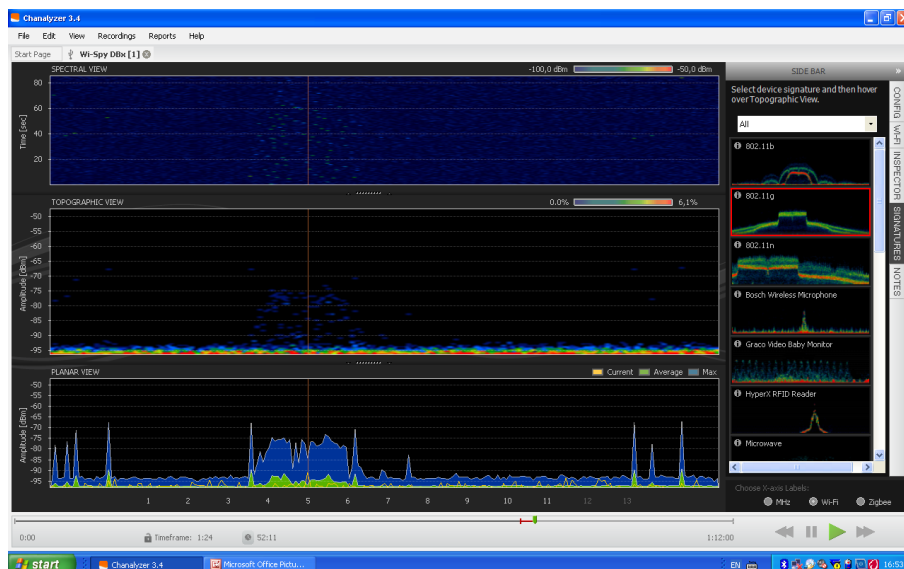
KUVIO 23. Maatilan ympäristö ja mittauspisteet.

Iso pirtti huone oli rakennuksen toisessa päässä ja välissä oli kolme paksua hirsiseinää. Hirsiseinät vaimensivat Reitittimen signaalin hyvin tehokkaasti (mittauspiste 1) kuten kuvio 24 esittää.



KUVIO 24. Spektrikuva reitittimen signalista kolme hirsiseinää välissä.

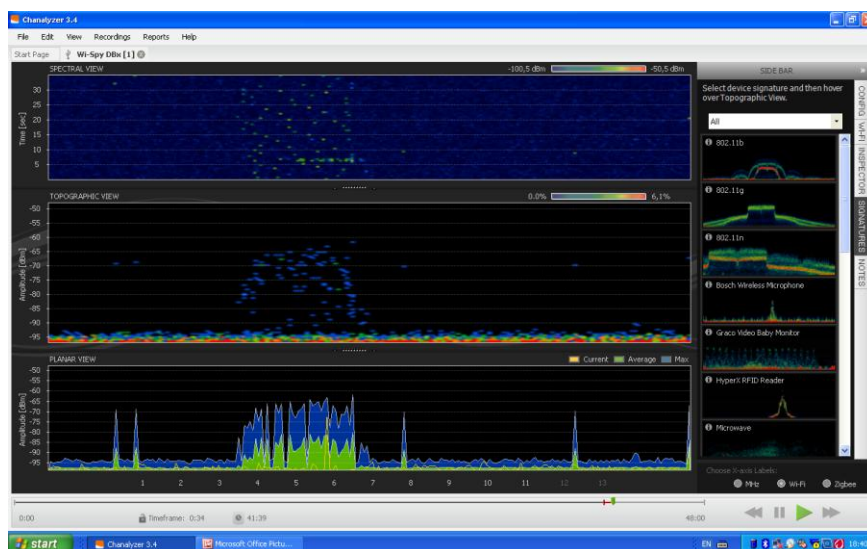
Kuviossa 25 näkymä mitattuna pihalla navetan edessä, jolloin välissä oli kaksi lasia ja matkaa noin 50 metriä (mittauspiste 2). reitittimen signaali on vaimentunut yli 40 dB:ä verrattuna vieressä suoritettuun mittaukseen.



KUVIO 25. Pihalla mitattuna spektrikuva reitittimen signaalista.

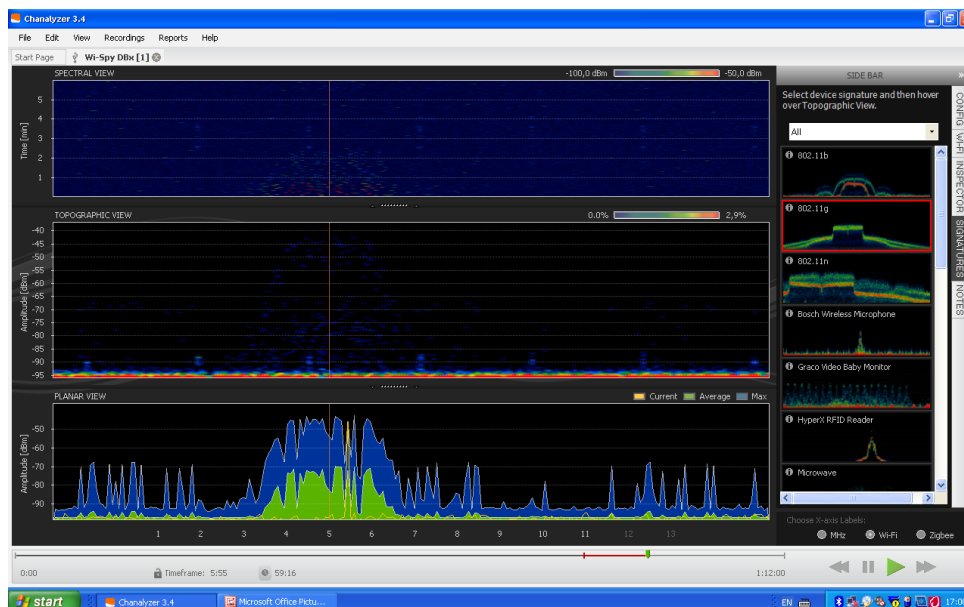
Tämän vuoksi lisättiin toinen reititin navetan ikkunalle, rakennuksen sisään. Tällä haluttiin varmistaa kuvasignaali koko navetan sisältä, erityisesti takaosan poikimisparren osalta.

Kuviossa 26 näkyy spektrikuva kun molemmat reitittimet ovat käytössä. Mittaus on suoritettu suurin piirtein puolella välissä rakennuksia (mittauspiste 3).



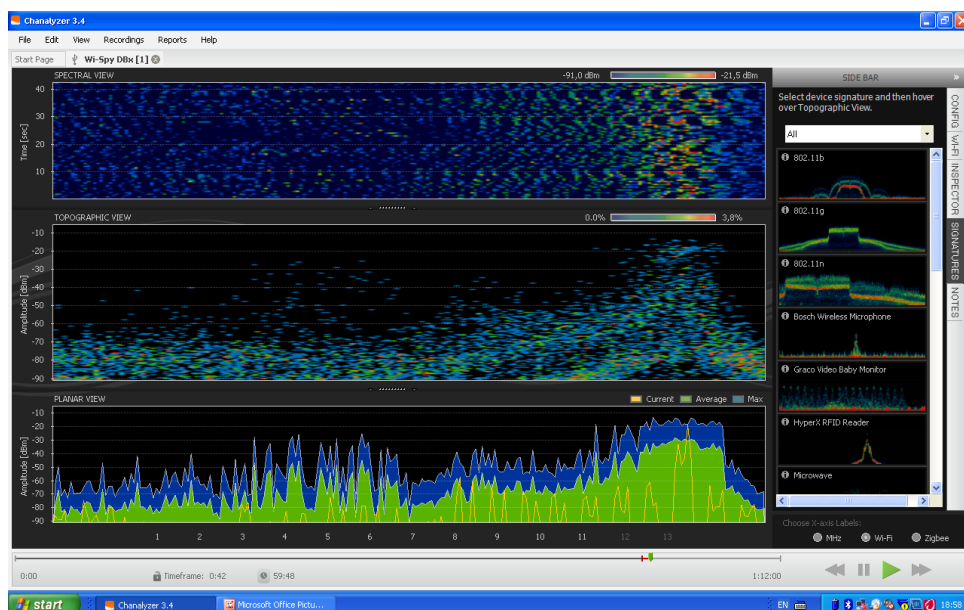
KUVIO 26. Pihalla mitattuna spektrikuva kahden reitittimen signaalista.

Kuviossa 27 mittaus suoritettu pihalla ikkunan edessä, jolloin matkaa reitittimeen oli noin 5 metriä ja välissä kaksinkertainen ikkunalasi (mittauspiste 4). Verrattuna vieressä suoritettuun mittaukseen, signaali on vaimentunut 10 dBm:ää, vrt. TAULUKKO 1 kaksinkertainen päällystetty lasi.



KUVIO 27. Ikkunan edessä mitattuna spektrikuva kahden reitittimen signaalista.

Kun oli mahdollisuus, niin mittasin myös talon mikroaaltouunin aiheuttaman häiriön. Kuviossa 28 on mikroaaltouunin häiriöstä samassa tilassa toiminnassa. Laite peittää tehokkaasti koko spektrin ja häiritsee erityisesti yläkanavilla.



KUVIO 28. Mikroaaltouuni häiriöspektri.

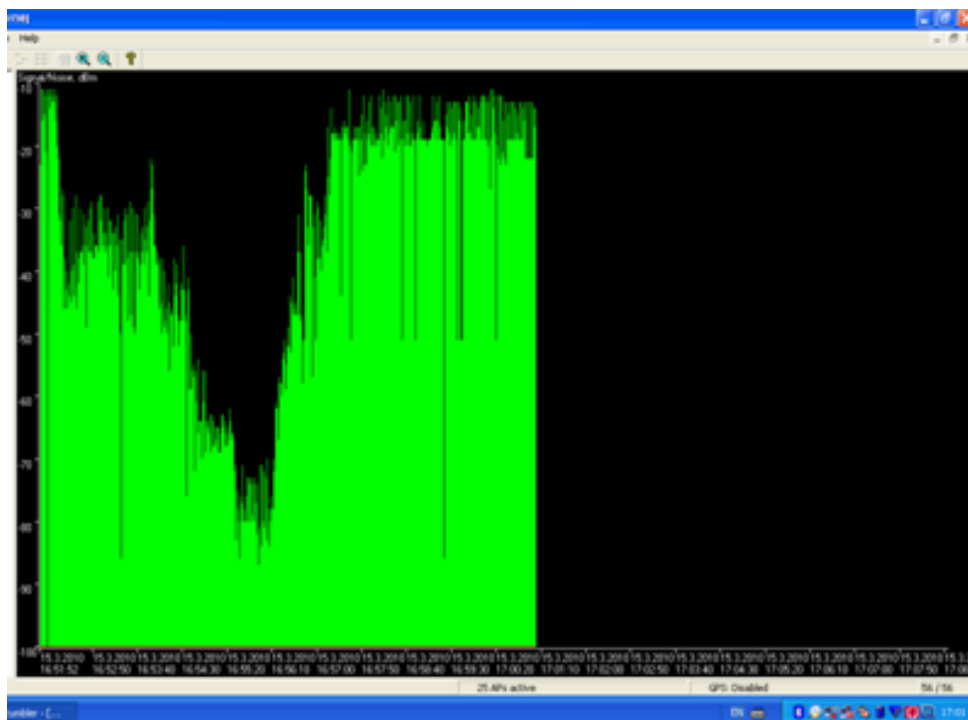
Mittasin koulun tiloissa eri rakenteiden vaimennusvaikutuksia. Mittauksessa laitteet olivat yhden metrin korkeudella ja niiden välinen etäisyys kaksi metriä. Mittauksessa lähettävänä signaalina oli ZigBee, jonka lähetystaso oli 60 mW:ia, suuntaavalla antennilla varustettuna. Suuntavana antennina käytin koululla tehtyä yagi-antennia. Vastaanottavana laitteena käytin Wi-Spy DBx:ää ja mittausaika oli jokaisessa mittauksessa sama eli 15 sekuntia. Jokaisesta tilanteesta suoritin viisi mittausta, joista laskemalla keskiarvo sain paremmin luotettavan tuloksen. Kuten taulukosta 4 huomataan, mittauks tulokset ja vertailuarvoina olevat teoriaosuuden taulukon 1 eri väliaineiden maksimi arvot ovat samansuuruisia.

TAULUKKO 4. Väliaineiden vaimennustulokset

Välimateriaali	Mittaus 1 [dBm]	Mittaus 2 [dBm]	Mittaus 3 [dBm]	Mittaus 4 [dBm]	Mittaus 5 [dBm]	Keskiarvo [dBm]	Vaimennus [dB]	Vertailuarvo
Avoin tila	-31,00	-29,00	-32,00	-30,00	-31,00	-30,60	0,00	0,00
Äänieristetty ovi	-35,00	-37,00	-34,00	-35,00	-35,00	-35,20	4,60	4,00
Seinä	-35,00	-35,00	-34,00	-36,00	-37,00	-35,40	4,80	5,00
Ikkuna, yksi lasi	-33,00	-33,00	-33,00	-33,00	-33,00	-33,00	2,40	3,00
Palo-ovi, lasitettu metalliverkko	-33,00	-33,00	-33,00	-37,00	-34,00	-34,00	3,40	3,00

8.3 Network Stumbler

Käytettävissä oli Network Stumbler ohjelma, jolla kokeilin tehdä muutamia mittauksia, mutta se ei mielestäni soveltunut asiaan niin hyvin kuin Wi-Spy. Kuviossa 29 on esitetty tukiaseman kanssa samassa huoneessa tehty mittaustulos. Tukiasema toimi Linksys WRT54G –tukiasema, jossa 802.11g WLAN-standardi mainostamassa ”Linksys” –nimistä langatonta verkkoa (SSID).



KUVIO 29. Network Stumbler ohjelman mittaustulos.

8.4 Häiriöpaikannuksen menetelmän kuvaus

Kun saadaan asiakkaalta häiriöilmoitus, selvitetään onko tarpeeksi tietoa sen aiheuttajasta (prosessikuvaus liitteenä 1). Jos tietoa ei ole tarpeeksi, niin asiakasta pyydetään täyttämään kirjallinen kyselylomake (asiakaskyselylomake liitteenä 2). Palautetusta kyselylomakkeesta tehdään analysointi, ja tarvittaessa sovitaan palaveri, jossa saadaan suullisesti lisätietoja.

Selvitetään milloin ongelma ilmenee, onko se vuorokauden ajasta riippuvainen, miten se tarkalleen vaikuttaa. Tietojen pohjalta suunnitellaan tehtävät mittaukset ja rf-monitorointi, joilla pyritään selvittämään todellinen häiriön aiheuttaja. Wi-Spy:llä voidaan mitata vaikka koko päivän ajan ja tallentaa tulos. Tulosta voidaan tarkastella myöhemmin yksityiskohtaisesti ja tunnistaa ajankohdasta johtuvat häiriöt. Signaalin vaimentumista voidaan myös mitata käyttämällä ZigBee:tä lähettimenä yhdistettynä suuntaavaan yagi-antenniin ja mittaamalla Wi-Spy:llä halutun esteen takaa. Mittauksia kannattaa tehdä useita ja laskea niistä keskiarvo, jolloin tulokset ovat luotettavampia.

Mittaustulokset analysoidaan ja sen pohjalta pyritään poistamaan ongelman aiheuttajat. Tarvittaessa tehdään lisämittauksia. Analysoitujen tuloksien pohjalta tiedossa ole-

vat häiriöt poistetaan tai minimoidaan. Joissakin tilanteissa joudutaan verkko kenties uudelleen suunnittelemaan.

Mikäli edelleen ongelmia ilmenee, mietitään uudet mittaukset tai rakenteiden aiheuttamien vaimennuksien mittaukset. Näiden tulosten pohjalta suunnitellaan verkko ja tarkistetaan sen toimivuus.

Muutettu verkko dokumentoidaan ja eri prosessinvaiheissa syntyneet dokumentit tallennetaan asiakkaan kanssa sovitulla tavalla.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena syntyi häiriöiden ja väliaineiden vaimennuksien mittauksen työkalusalkkuun prosessikuvaus, asiakaskyselylomake, käytettävä mittalaite ja toimintaohje sekä joitakin käytännön mittausesimerkkejä.

Prosessi ensimmäisessä vaiheessa pyydetään asiakasta vastaamaan kirjalliseen kyselylomakkeeseen ja sopia asiakkaan kanssa vastauksen käsittelyssä. Monesti asiakkaalla ei ole aikaa tai osaamista itsellään häiriön selvittämiseen. Kyselylomake on pyritty tekemään mahdollisimman helpoksi täyttää, kuitenkin tarpeeksi kattavasti. Suullinen kysely kirjallisten kysymysten lisäksi on tärkeää, silloin voi selvittää tarkemmin yksityiskohtia. Kun asiakas vastaa esitettyihin kysymyksiin, voi hänelle itselleenkin tulla mieleen välittömästi asiaan liittyviä korjaavia toimenpiteitä.

Vastaustietojen perusteella suunnitellaan tarvittavat mittaukset ja niiden ajankohta. Mittaustuloksien analysoinnin pohjalta saadaan tietoon korjaavat toimenpiteet ja voidaan poistaa häiriöiden aiheuttaja(t).

ISM-taajuusalueella toimivan langattoman verkon häiriöiden ja signaalin käyttäytymisen selvittämiseen on nykyisin tarjolla monenlaisia mittalaitteita ja tietokoneisiin ladatavia ohjelmia sekä niiden lisälaitteita.

Käytössä olevat mittalaitteet ovat edelleen erittäin hankalia käyttää, kun halutaan taloudellisesti kannattavilla resursseilla ja aikatauluilla selvittää olemassa olevat langattoman verkon häiriöt ja siirtotien ongelmat. Mittalaitteet, spektrianalysaattorit, soveltuvat tarkempien tutkimuksien ja laboratorio ympäristöön. Ne ovat myös korkea hintaisia, joten niiden hankintaa kannattaa harkita ja suunnitella mahdolliset muut käyttö-tarkoitukset.

Tietokoneisiin tulevat ohjelmat ja niiden lisälaitteet ovat huomattavasti edullisempia ja niitä on saatavilla kaikkiin käyttötarpeisiin soveltuvia tänä päivänä. Peruskäyttäjälle on olemassa jopa ilmaisia ohjelmia.

Ammattikäyttöön sopivia sovelluksia löytyy useita. Minun kokemukseni mukaan MetaGeek'in Wi-Spy DBx on hyvä ratkaisu mittauksien suorittamiseen. Sen toimintaa parantaisi suunnattavan antennin käyttö. Jos halutaan mitata eriväliaineiden, kuten seinät, ovet, ikkunat ja kerrokset, signaalin vaimenemista käytössä pitää olla joko suurtaajuusgeneraattori tai itse rakennettu luotettava lähetin. Mittausolosuhteet (mittausympäristö) kannattaa myös selvittää etukäteen ja suunnitella mittaukset niiden mukaan. 2,4 GHz:n taajuusalueella lähettimen ja vastaanottimen etäisyys toisistaan pitäisi olla vähintään metri, samoin etäisyys lattiapinnasta sekä katosta.

Network Stumbler'in käyttöliittymä oli monipuolinen ja se vaatii aikaa perehtymiseen. Ohjelma on tarkoitettu erilaiseen langattomien verkkojen analyysiin. Tässä työssä ei menty siirtotien muille kerroksille, vaan pidättäydyttiin OSI-mallin mukaisella fyysisellä kerroksella.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheen valinta oli minulle hankalaa, koska en ollut työsuhteessa. Kävin kyselemässä useita mahdollisuuksia sekä tutuista yrityksistä että myös Jyväskylän ammattikorkeakoululta. Koulutukseeni ja pitkään työkokemukseeni sopivan aiheen löytäminen tuntui olevan vaikeaa. Onneksi lopulta Jarmo Siltanen teki kiinnostavan ehdotuksen, kiitos siitä hänelle.

Minun aikaisempi tekniikan suuntaus on ollut suurtaajuustekniikassa, joten toimeksianto tuntui sopivalta. Käytännön mittauksien toteutus oli hankalaa, koska rf-signaalin käyttäytymisen mittaaminen suojaamattomissa olosuhteissa ei anna luotettavia tuloksia. Toisaalta häiriöselvityksien tekemisessä on sama tilanne. Tällöin myös pitää pystyä tekemään saatujen mittaustulosten perusteella korjaavia toimenpiteitä. Todennäköisesti ongelmatilanteessa monet asiakkaan häiriöiden syyt selviävät, kun asiakas vastaa esiselvityksen kysymyksiin. Systemaattinen asioiden käsittely auttaa myös ongelmien (häiriöiden) syiden selviämiseen.

Aikataulu petti henkilökohtaisten asioiden takia, mutta onnekseni pystyin tekemään työn valmiiksi. Minä haluan kohdistaa kiitokset myös työnvalvojalle Mika Rantoselle ja työn tilaajalle Petteri Weckströmille ymmärtämisestä sekä kannustavasta ja vaativasta ohjaamisesta. Erityisesti kiitän laboratorioinsinööri Antti Häkkistä tuesta ja asian tuntevasta kannustuksesta opinnäytetyöni aikana.

11 LÄHTEET

Bluetooth Basics. Viitattu 30.3.2010.

<http://www.bluetooth.com/English/Technology/Pages/Basics.aspx>.

Canadian Nuclear Association 2008. Non-Ionizing Radion. Viitattu 28.7.2009.

http://www.cna.ca/curriculum/cna_radiation/nonionizing_rad-eng.asp?bc=Non-Ionizing%20Radiation&pid=Non-Ionizing%20Radiation.

Data on the radio 2007. Viitattu 10.7.2009.

<http://datainthesky.blogspot.com/2007/07/received-signal-strength-indication.html>.

ETSI EN 300328 2006. Viitattu 28.7.2009.

http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300300_300399/300328/01.07.01_60/en_300328v010701p.pdf.

IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks 2009. Viitattu 28.7.2009.

<http://www.ieee802.org/11/index.shtml>.

InTech April 2008. Tracking wireless. Viitattu 28.7.2009.

http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm?Section=Article_Index1&template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=68650.

Juutinen, M. 2006. Lappeenrannan tekninen yliopisto Siirtyvä tietoliikenne. Radiotekniikan perusteet. 2006. Viitattu 10.7.2009. <http://www.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/luentokalvot/luento03.pdf>.

Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2008a. Esittelykalvot 2009 avaintietoja 2008.

Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2008b. Kotisivut. Viitattu 23.6.2009.

<Http://www.jamk.fi/tutustu/organisaatio/yksikot>.

Jyväskylän Ammattikorkeakoulu 2008c. Vuosikertomus 2008. Viitattu 30.6.2009.

http://www.jamk.fi/download/jamk_vuosikertomus08.html.

KH-verkkokauppa 2009. Langaton kuvansiirto. Viitattu 28.7.2009. <http://www.kh-verkkokauppa.com/epages/Kaupat.sf/?ObjectPath=/Shops/Hiuspiste/Categories/4/4-13>.

Lappeenrannan tekninen yliopisto 2006. Viitattu 28.7.2009.

http://www.ee.lut.fi/courses/Sa2910400/esitykset_2006/esitys2006modattu.pdf.

Lindell, I. 1996. Radioaaltojen eteneminen. 4.tarkistettu painos Helsinki: Hakapaino.

Lindholm, L 2009. Juomalaitepalvelu. Viitattu 28.7.2009.

<http://www.juomalaitepalvelu.net/mikroaaltouunit.html>.

Metafilter. Viitattu 5.4.2010. furtivecode.com/pics/wifi_test.jpg.

Metageek 2009. Viitattu 29.7.2009. <http://www.metageek.net/>.

Olexa, R. 2005. Implementing 802.11, 802.16, and 802.20 Wireless Networks Planning, Troubleshooting, and Operations.

Phoenix Contact 2009. Viitattu 28.7.2009.

http://www.phoenixcontact.fi/technologies/18699_18716.htm.

Puska, M. 2005. Langattomat lähiverkot. Helsinki: Talentum Media.

Savonia ammattikorkeakoulu 2009. Wireless Platform. Viitattu 28.7.2009.

http://wirelessplatform.savonia.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=85.

R&S FSH3/6/18 Spectrum Analyzer. Viitattu 31.3.2010. <http://www2.rohde-schwarz.com/product/FSH3/6/18.html>.

R&S FSQ Signal Analyzer. Viitattu 30.3.2010. <http://www2.rohde-schwarz.com/product/FSQ.html>

Sähkön Millennium. Viitattu 31.3.2010.

<http://www.tekniikka.info/articles/ST00003.htm?ID=pkcwaalks>.

TechFAQ 2009. What are cordless phone frequencies. Viitattu 28.7.2009.

<http://www.tech-faq.com/cordless-phone-frequencies.shtml>.

Teknillinen korkeakoulu 2009. Kurssit tfy-3.15x teoria. Viitattu 10.7.2009.

<http://tfy.tkk.fi/kurssit/Tfy-3.15x/Teoria/tyo25.pdf>.

Tietotekniikka, WLAN-standardit 2009. Viitattu 28.7.2009.

<http://apumatti.redu.fi/lcms.php?am=10-10-1&page=717>.

Tietokone. Viitattu 31.3.2010.

http://www.tietokone.fi/softa/windows/network_stumbler.

Viestintävirasto 2002. langattomat lähiverkot 2,45 GHz taajuusalueella.

<http://www.ficora.fi/index/viestintavirasto/asiakastiedotteet/radiotaajuudet/2002/P.html>

Viinikainen, A. 2003. TLI245 Radiojärjestelmät 1. Tietotekniikan laitos Jyväskylän yliopisto. Viitattu 25.6.2009. <http://users.jyu.fi/~arjuvi/opetus/tli347/tli245.pdf>.

Wi-Spy DBx 2010. Viitattu 30.3.2010. <http://www.metageek.net/products/wi-spy-dbx>.

Wireless Platform-projekti 2007. Viitattu 30.7.2009.

http://wirelessplatform.savonia.fi/index.php?option=com_context&task=view&id.

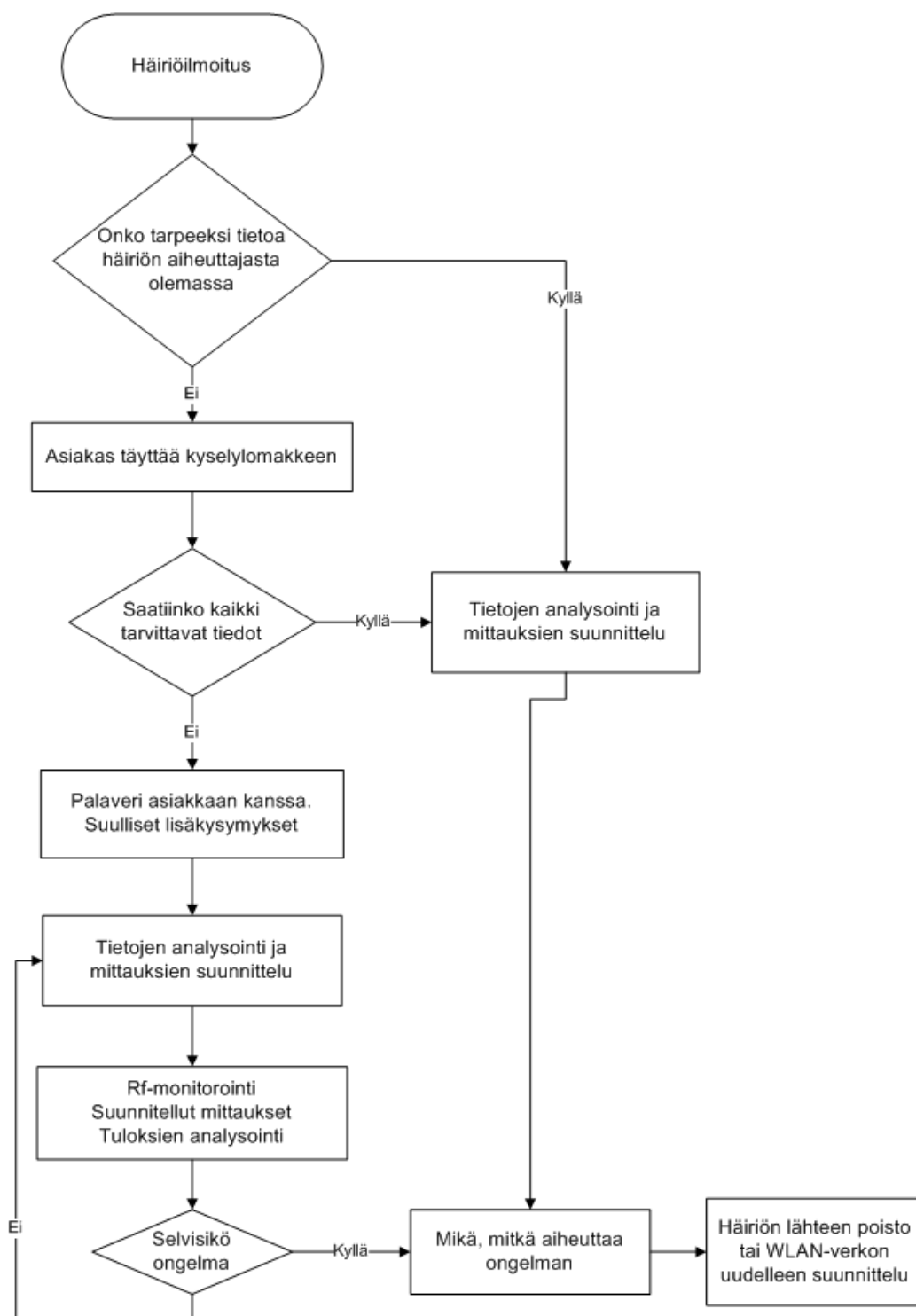
Wireless Net. Viitattu 30.3.2010.

<http://www.wirelessnetdesignline.com/howto/204204114>.

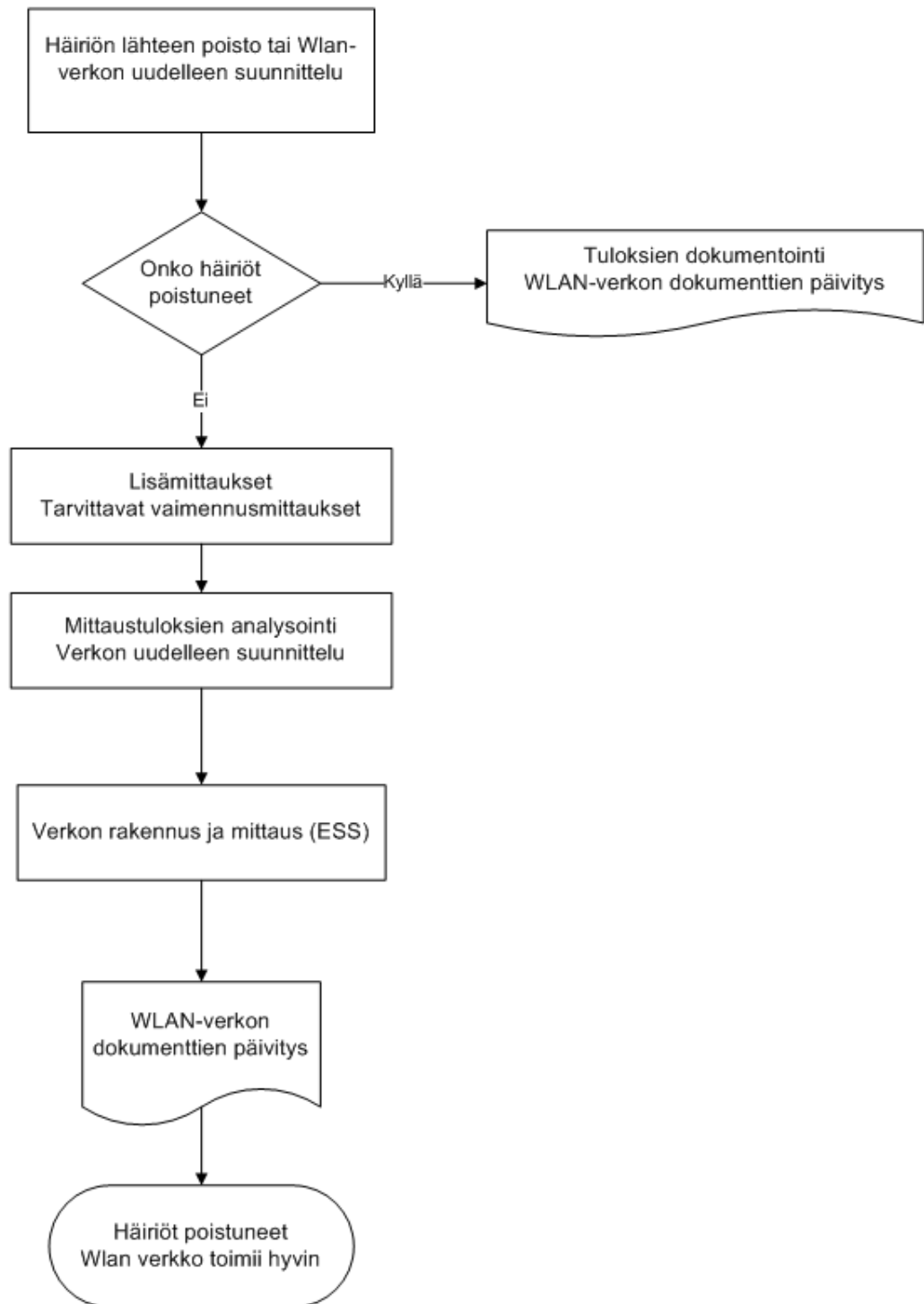
12 LIITTEET

12.1 Liite 1. Häiriöpaikannuksen prosessikaavio

Prosessikaavio 1/2 Häiriön selvittäminen



Prosessikaavio 2/2 Häiriön selvittäminen



12.2 Liite 2. Asiakaskyselylomake

Toimitetaan asiakkaalle etukäteen ja pyydetään vastaamaan yhdessä sovitussa aikataulussa.

Häiriöt

1. Millaisia havaitut häiriöt ovat? Kuvaile omin sanoin.

2. Milloin häiriöitä ilmenee?

3. Missä tilanteissa ne erityisesti esiintyvät?

4. Kuinka pitkäkestoisia ne ovat?

5. Ilmenevätkö häiriöt tiettyinä kellonaikoina?

6. Ovatko ne toistuvia?

7. Missä paikoissa niitä esiintyy?

Ympäristö

8. Minkälainen langaton verkko on käytössä?

9. Mitä erilaisia laitteita toimitiloissa on käytössä?

10. Mitä langattomia laitteita toimitiloissa on käytössä?

11. Onko toimitiloissa käytössä äänen-, kuvan- tai datansiirtoa? Mitä muuta?

12. Onko tiloissa sähkölaitteita? Esimerkiksi mikroaaltouuni.

13. Onko toimitiloissa käytössä radiopuhelimia ja niiden lisälaitteita? Minkälaisessa käytössä?

14. Onko toimitiloissa käytössä tietokoneita ja niiden lisälaitteita? Minkälaisessa käytössä?

15. Minkälaisia ovat toimitilan rakenteet?

16. Onko niistä pohjapiirroskuva ja tietoa rakenteiden materiaaleista?

17. Paljonko toimitiloissa on henkilöitä ja/tai työpisteitä?

18. Miten ne sijoittuvat?

19. Mitä on naapuritiloissa?

20. Onko siellä langaton verkko käytössä?

☐ Kyllä ☐ Ei

Jos on niin minkälainen?

21. Onko siellä sähkölaitteita?

Sovitaan suullinen vastauksien käsittely ja lisäkyselyjen tai selvityksien tekeminen.

Kiitos vastauksistasi!

12.3 Liite 3. Häiriöpaikannuksen toimintaohje

Selvitä asiakkaalta saaman kyselytiedon perusteella mikä tai mitkä aiheuttaa ongelmia.

Sovi mittauksien ajasta ja paikasta asiakkaan kanssa. Suorita mittaukset tämän ohjeen mukaisesti.

Mittausohje

Mittauksessa käytetään 2,4 GHz taajuusalueen spektrin tutkimisen mahdollistavaa Wi-Spy analysaattoria ja Chanalyzer-ohjelmistoa, jonka avulla tutkitaan WLAN-verkon häiriöitä.

Laitteet

- HP Compaq nw8240 kannettava tietokone
- Wi-Spy 2.4x – analysaattori

Mittaus

Avaa työpöydältä Chanalyzer 3.3 – mittausohjelmisto.

Valitse oikealta *Config* – välilehti. Aseta tarkasteltavan taajuusalueen rajat ISM-alueen mukaan. Hyväksy muutokset valitsemalla *OK*. Taajuusspektrin X-akselin asteikon tyyppiä voit vaihtaa oikeasta alalaidasta, jossa valinnat *MHz*, *Wi-Fi* ja *ZigBee*. Tämä mahdollistaa paitsi taajuuden myös WLAN- ja Zigbee kanavien seuraamisen.

Valitse *Wi-Fi* – välilehti ja tarkista, että kannettavan tietokoneen langaton verkko-adapteri on valittuna listasta. Valitse tämän jälkeen *Start Scanning*. Nyt langattomien

verkkojen pitäisi ilmestyä näkyviin listana. Aseta valinta jokaisen tukiaseman SSID – tunnisteeseen eteen, jolloin ne siirtyvät *Topographic view* – näkymään.

Mikäli tiedät tai epäilet mikä aiheuttaa häiriön valitse *Signatures* – välilehdeltä vastaava mallikuva ja vie se *Topographic View* – näytölle.

Suorita mittaus joko mahdollisten häiriöiden esiintymisaikana tai suunnitellusti asiakkaalta saamien tietojen perusteella.

Pysäytä mittaus, tallenna tiedot joko kopioimalla näytön näkymä tai muuhun haluaasi tiedostoon. Tyhjennä mittaustiedot valitsemalla *Clear* ja tee tarvittavat lisämitaukset.

Analysoi tulokset ja tee korjaavat toimenpiteet.